



ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

1

1972

АСТРОНОМИЯ

ГЕОФИЗИКА

ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Впервые в истории космических исследований

19 и 28 мая 1971 г. были запущены к Марсу две межпланетные автоматические станции «Марс-2» и «Марс-3».

27 ноября 1971 г. станция «Марс-2» впервые доставила на планету Марс капсулу, внутри которой установлен выпел с изображением Герба Советского Союза. 2 декабря впервые в истории спускаемый аппарат автоматической станции «Марс-3» произвел мягкую посадку на поверхность Марса в южном полушарии, между областями Электрис и Фаэтонтис, в районе с координатами 45° ю. ш. и 158° з. д.

Станции «Марс-2» и «Марс-3» стали искусственными спутниками Марса. На них установлен специальный комплекс научной аппаратуры для исследования характеристик атмосферы и поверхности планеты.

В состав комплекса входят:

инфракрасный радиометр с диапазоном измерений от 8 до 40 мкм для получения карты распределения температуры;

прибор для изучения рельефа поверхности по количеству углекислого газа на линии визирования, при этом количество углекислого газа определяется по интенсивности полосы поглощения $2,06$ мкм — инфракрасный фотометр;

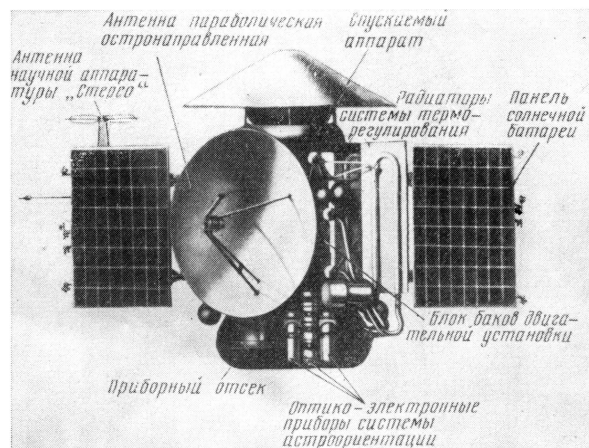
прибор для определения содержания паров воды спектральным методом по характеру поглощения в линии $1,38$ мкм;

прибор для исследования отражательной способности поверхности и атмосферы в видимом участке спектра от $0,3$ до $0,6$ мкм — фотометр видимого диапазона;

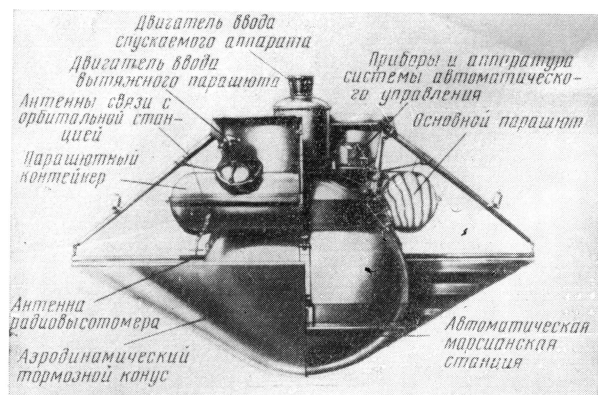
прибор для определения радиояркостной температуры поверхности в диапазоне $3,4$ см, определения ее диэлектрической проницаемости и температуры поверхностного слоя на глубине до 30 — 50 см;

прибор для определения плотности верхней атмосферы Марса, определения содержания атомарного кислорода, водорода и аргона в атмосфере — ультрафиолетовый фотометр;

две фототелевизионные камеры с различными фокусными расстояниями, позволяющие получать крупномасштабные изображения, охватывающие большую площадь поверхности планеты, и фотографические снимки поверхности Марса с достаточно высоким разрешением. Оси визирования фототелевизионных устройств и приборов, предназначенных для изучения характеристик планеты, параллельны, что позволяет проводить исследования и одновременное фотографирование выбранных участков поверхности Марса.



Автоматическая станция «Марс-3»



Спускаемый аппарат станции «Марс-3»

Советские искусственные спутники Марса начали осуществление комплексной научной программы. Сделан еще один важный шаг, открывающий новые возможности на пути познания тайн природы.

ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

Научно-популярный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1965 году

Выходит 6 раз в год



ЯНВАРЬ — ФЕВРАЛЬ

1 1972

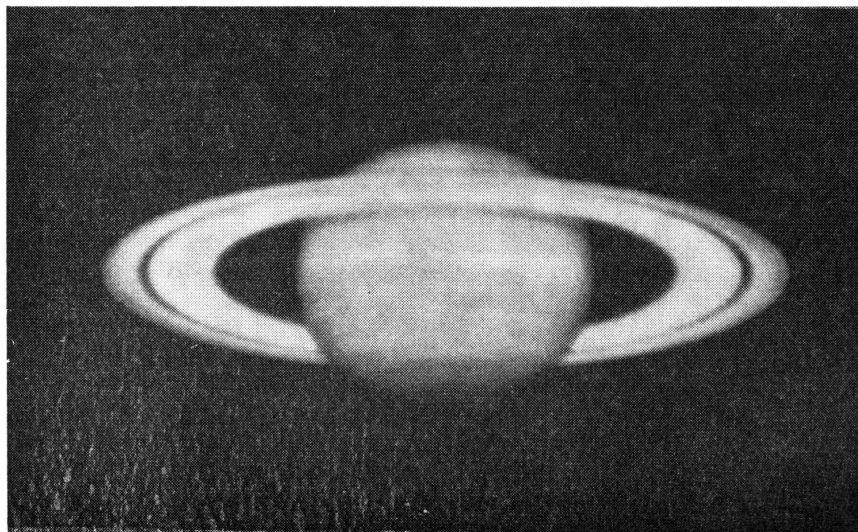
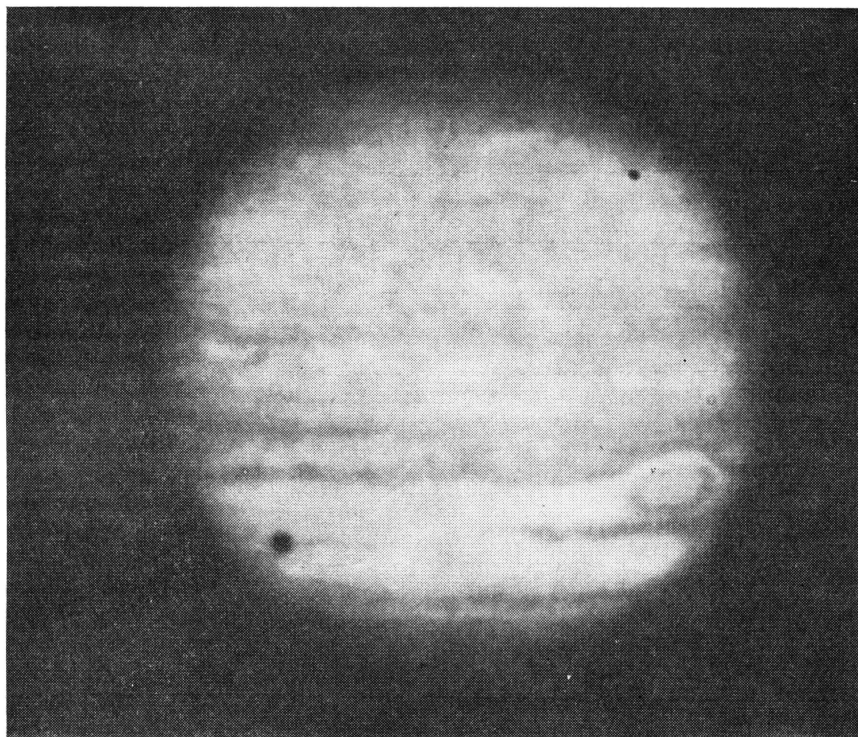
Издательство «Наука»
Москва

В номере

В. Г. Тейфель — Атмосферы Юпитера и Сатурна	2	
М. С. Бобров — Сатурн	10	
Г. С. Голицын — Новое об атмосферах планет	18	
А. А. Ярошевский — Образование земной коры и процессы в мантии	20	
А. А. Силин, В. В. Шварев — Взаимодействие лунного грунта с твердыми телами	27	
Ю. П. Кузнецов — Сигналы внеземных цивилизаций — какими они могут быть?	30	
А. И. Еремеева — Кеплер и естествознание	34	
Ю. А. Белый — «Сон, или астрономия Луны» — последнее произведение Кеплера	40	
СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ		
З. К. Соколовская — Кеплеру посвящается	45	
В. П. Волков — Международный геохимический конгресс в Москве	48	
М. Г. Кагановский, О. С. Турсунов — На Международной параллели	50	
Е. М. Колесников — Совещание, посвященное проблеме Тунгусского метеорита	54	
ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ		
И. А. Резанов — Обмен веществом между корой и мантией Земли	56	
ЭКСПЕДИЦИИ		
И. А. Мельников — На острове Кэртис	62	
СТИХИ О ВСЕЛЕННОЙ		
И. А. Бунин	64	
ИЗ ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ТЕЛЕСКОПОСТРОЕНИЯ		
О. А. Мельников, В. С. Попов, Н. Ю. Лукина — Ю. А. Миркалов — механик и конструктор астрономических инструментов	66	
ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ		
П. Джуркович — Народные обсерватории и развитие любительской астрономии в Югославии	70	
В. А. Бронштэн — Наблюдения полного лунного затмения 6 августа 1971 года	74	
ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ		77
КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ		
И. Ф. Болгов, Н. И. Иванов — Путеводитель по геодезии российской	79	
НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ		

Международный геодезический эксперимент [19]; Движение земной коры и ее природа [26]; Семинару — четверть века [33]; Закон о метеоритах [53]; На месте вспышки Сверхновой 1181 года [53]; Гидроксил в других галактиках [55]; Несет ввды Гольфстрим [61]; В школьном кабинете географии и астрономии [76]; Хроника землетрясений [78]; Премия Ветлезена [80]; Сезонный эффект в геомагнитных вариациях [80].

На обложке: 1-я стр. — Памятная медаль, которую изготовил Ленинградский монетный двор к Международному симпозиуму, посвященному 400-летию со дня рождения Иоганна Кеплера.



В текущем десятилетии крупнейшие планеты Солнечной системы — Юпитер и Сатурн — могут стать объектами изучения с помощью космических аппаратов. Пока же астрофизики стремятся получить как можно больше информации о планетах-гигантах, используя современные методы и средства наземных наблюдений

В. Г. ТЕЙФЕЛЬ
кандидат физико-математических наук

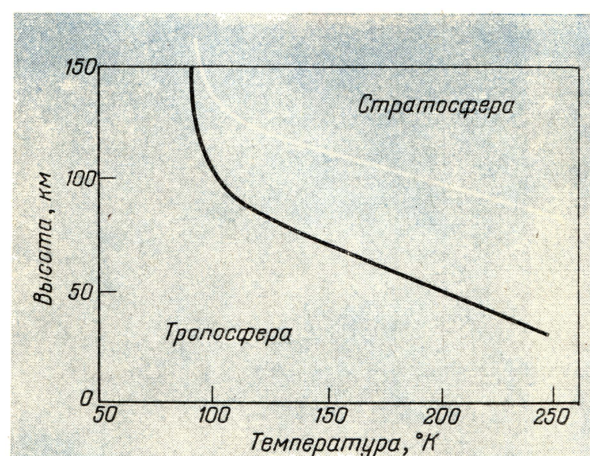
АТМОСФЕРЫ ЮПИТЕРА И САТУРНА

Юпитер и Сатурн окружены непрозрачными и, по-видимому, очень глубокими атмосферами. Их внешние зоны могут наблюдаться непосредственно, а глубокие и наиболее плотные скрыты от нас слоями облаков, состоящих из кристалликов или капель сконденсированных газов. Как сами планеты, так и их атмосферы в основном содержат легкие газы — водород и гелий. Этим обусловлена весьма низкая средняя плотность планет-гигантов: около $1,33 \text{ г/см}^3$ у Юпитера и почти вдвое меньше у Сатурна. Есть все основания полагать, что атмосферы Юпитера и Сатурна сохранили почти без изменения химический состав протопланетного вещества, из которого сформировались планеты. Поэтому планеты-гиганты привлекают внимание не только специалистов по космогонии, но и физиков, химиков, метеорологов и даже биологов.

Атмосферы планет-гигантов можно уподобить своеобразным естественным химическим лабораториям, где происходят и процессы фотохимического разложения под действием коротковолнового солнечного излучения (особенно во внешних слоях атмосфер), и синтез более сложных химических соединений. В глубинных слоях господствуют давления в десятки и сотни тысяч атмосфер, и там возможны совершенно необычные для наших земных условий явления, например твердый водород, плавающий в «океане» жидкого гелия. Но мы не будем заглядывать в атмосферные глубины, пока еще недоступные для непосредственного изучения, а рассмотрим, что известно сейчас о внешних слоях атмосфер Юпитера и Сатурна.

Чтобы составить представление о планетной атмосфере, необходимо знать ее химический состав и распределение по высоте температуры, давления и плотности. Совокупность этих данных называется моделью атмосферы. По-

скольку состояние атмосферы подчиняется законам термодинамики, модель вертикальной структуры атмосферы можно рассчитать и теоретически, хотя для этого все же требуется некоторый минимум сведений о химическом составе, количестве поглощаемой планетой солнечной радиации, а также о величине температуры и давления на разных высотах. Разумеется, ни одна теоретическая модель не способна отразить реальную структуру планетной атмосферы. Даже строение земной атмосферы, которую почти непрерывно исследуют и с поверхности Земли, и с помощью шаровозондов, ракет и искусственных спутников,



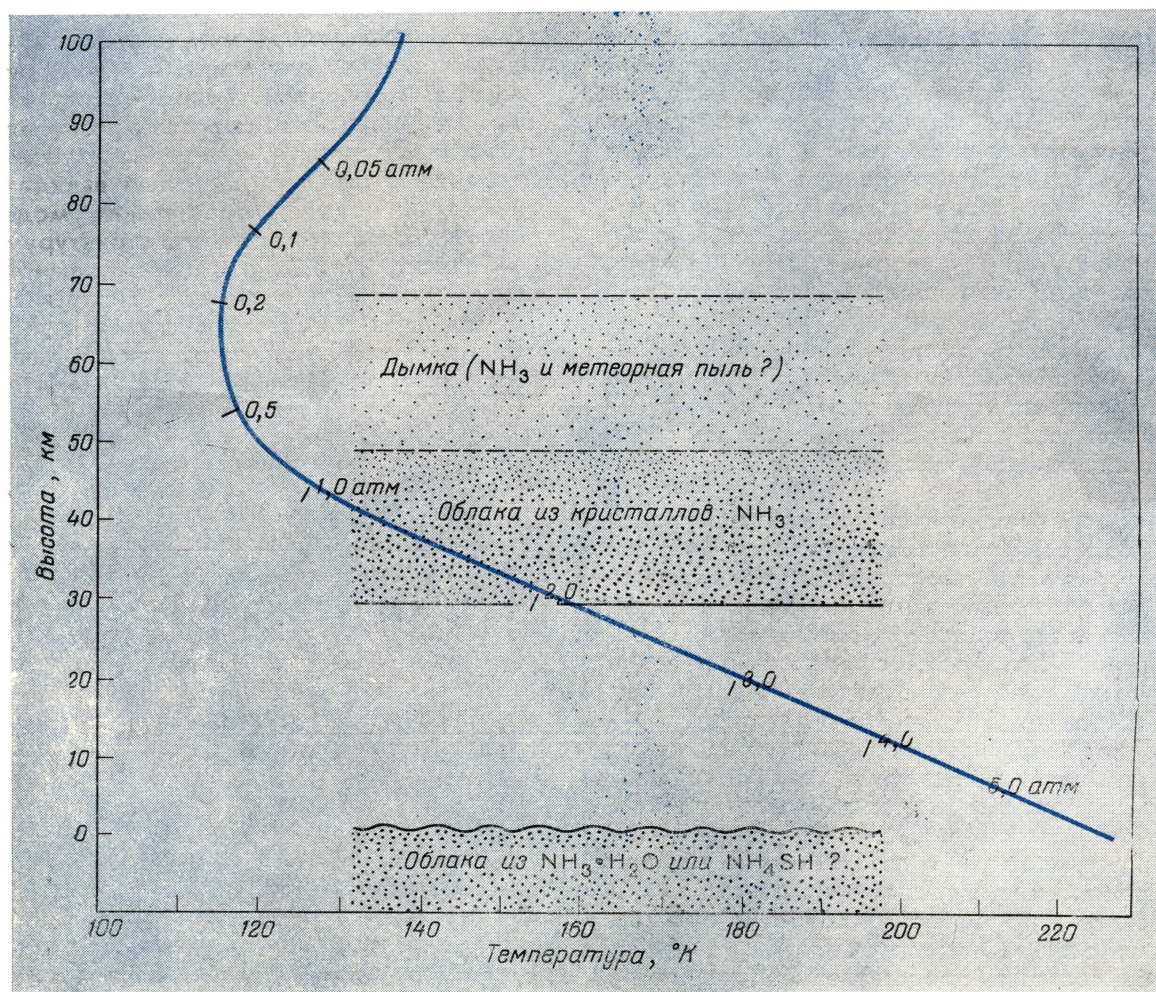
Изменение температуры с высотой в атмосфере Юпитера (расчеты Л. Трэфтона). Белая линия соответствует модели атмосферы, в которой содержится одинаковое количество водорода и гелия, а черная — модели чисто водородной атмосферы. Эффективная температура Юпитера принята равной 120° К

можно описать лишь весьма обобщенной моделью или несколькими моделями, отнюдь не претендующими на учет всего разнообразия условий в реальной атмосфере над различными точками земного шара и в разное время года и суток. Не имея пока возможности проводить непосредственное зондирование атмосфер планет-гигантов, исследователи вынуждены довольствоваться той информацией, которую они получают из оптических и радиоастрономических наблюдений.

АТМОСФЕРУ ЮПИТЕРА можно условно разделить на две основные зоны, которые (пользуясь принятой для земной атмосферы терминологией) называют стратосферой и тропосфе-

рой. В стратосфере изменение температуры с высотой определяется в основном поглощением и переизлучением солнечной радиации и собственного теплового излучения планеты. Характер распределения температуры по высоте в стратосфере может быть довольно сложным, хотя в приближенных расчетах чаще всего принимают, что в стратосфере температура убывает с высотой значительно медленнее, чем в более глубоких слоях, и начиная с некоторого уровня остается постоянной на протяжении многих десятков километров. Но такое представление об изотермической стратосфере Юпитера не согласуется с наблюдениями.

В тропосфере перенос тепловой энергии



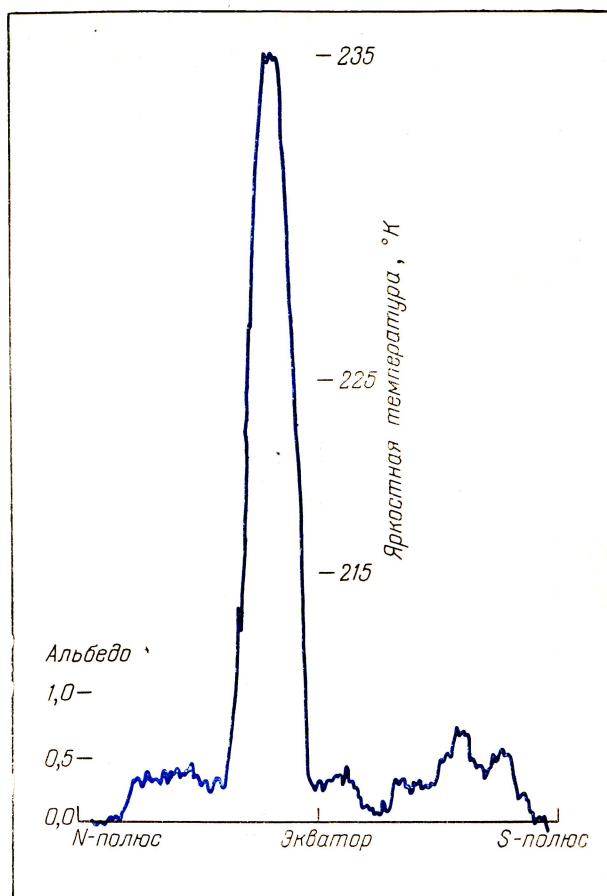
Модель атмосферы Юпитера. Красная линия — изменение температуры с высотой (расчеты Дж. Хогана, С. Расула и Т. Энкренац). Вдоль линии указаны величины атмосферного давления на разных уровнях. Здесь же отмечено примерное расположение верхнего и нижнего облачных слоев. Высота отсчитывается от границы нижнего облачного слоя

происходит главным образом за счет конвекции — непрерывного вертикального перемешивания, возникающего при подъеме более теплых, а следовательно, и менее плотных масс газа и при опускании более холодных. Температура в тропосфере убывает с высотой по линейному закону. Вертикальный градиент температуры зависит от термодинамических свойств смеси газов, т. е. от химического состава атмосферы и величины ускорения силы тяжести на планете.

Как известно, основные компоненты атмосфер планет-гигантов — водород и гелий. Водород обнаружен в спектрах планет, а наличие и количество гелия оценивается пока только косвенно. В спектре Юпитера открыты интенсивные полосы поглощения метана и аммиака, хотя относительное содержание этих газов составляет доли процента. Несмотря на тщательные поиски, никаких следов других химических соединений во внешней атмосфере Юпитера обнаружить не удалось. Теоретические расчеты показали, что в верхних слоях атмосферы Юпитера действительно могут присутствовать в ощутимых количествах лишь водород, гелий, метан и аммиак.

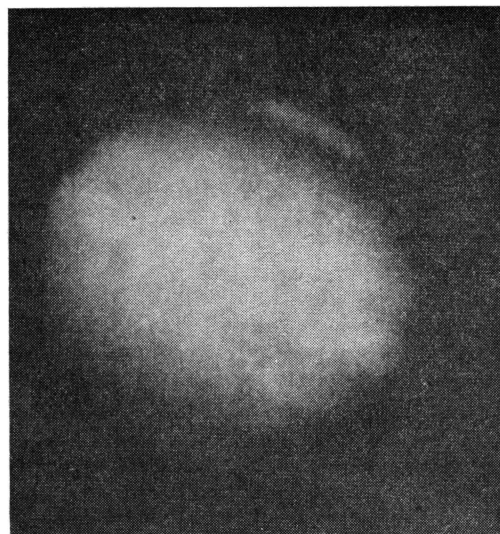
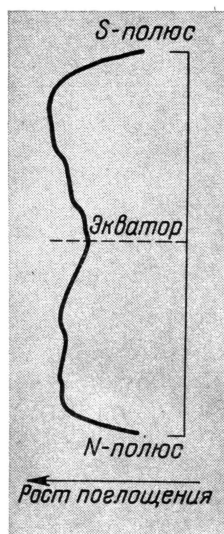
Измерения собственного теплового излучения разных участков диска Юпитера в инфракрасном диапазоне 8—14 мк, проведенные несколько лет назад американскими астрономами Б. Мюрреем и Дж. Уэстфолом, выявили небольшое уменьшение температуры к краям диска. Это и должно наблюдаться, если в атмосфере Юпитера температура убывает с высотой. Но детальные исследования теплового излучения Юпитера привели к открытию ряда особенностей, из которых не все получили окончательное объяснение. Прежде всего, оказалось, что Юпитер излучает тепла больше, чем получает от Солнца. Зная, какую часть падающей на нее солнечной радиации планета отражает, нетрудно вычислить, сколько энергии поглощено и какова должна быть температура видимой поверхности планеты. У Юпитера эта температура должна быть равна примерно 105° K. Радиометрические же наблюдения в диапазоне 8—14 мк давали значение температуры около 128—130° K. Так как земная атмосфера непрозрачна для более длинноволнового излучения, оставалось неясным, действительно ли Юпитер «горячее» чем следует, т. е. обладает собственными источниками тепла, или повышенное излучение в области 8—14 мк связано с тем, что и у Юпитера именно в этом участке спектра сказывается действие известного «парникового эффекта», разогревающего слои земной атмосферы.

Поднявшись в самолете на высоту 15 км,



Интенсивность теплового излучения диска Юпитера на длине волны 4,8 мк, полученная Дж. Уэстфолом при сканировании диска вдоль центрального меридиана от полюса к полюсу. Пик излучения соответствует Северной экваториальной полосе, яркостная температура которой достигает 235° K. В других областях Юпитера температура значительно ниже. Слева показано, каким должно быть излучение Юпитера на длине волны 4,8 мк, если бы планета только отражала падающую на нее радиацию Солнца, имея альбедо поверхности 0; 0,5 или 1,0

американские исследователи Х. Оман, К. Гиллеспи и Ф. Лоу смогли измерить тепловое излучение Юпитера в широком спектральном диапазоне от 1,5 до 350 мк. Они установили, что эффективная температура Юпитера (соответствующая температуре абсолютно черного тела, излучающего в данном диапазоне столько энергии, сколько и планета) равна 134° K. Значит, Юпитер излучает приблизительно в 2,7 раза больше энергии, чем получает от Солнца. Нижние слои атмосферы подогрева-



Снимок Юпитера, полученный Т. Оуэном через интерференционный светофильтр, который вырезал участок спектра внутри полосы поглощения метана с длиной волны 0,89 мк. Отчетливо видна яркая дуга в районе Южного полюса планеты, свидетельствующая о сильно ослабленном метановом поглощении. Слева показано изменение поглощения метана вдоль центрального меридиана Юпитера, измеренное В. Г. Тейфелем по спектрограммам планеты. Широтный ход поглощения сравнительно невелик, но у полюсов, как и на снимке, поглощение ослаблено

ются внутренним теплом планеты, что должно способствовать достаточно интенсивной конвекции в тропосфере, начиная с больших глубин.

Когда измерили интенсивность теплового излучения Юпитера в узких участках диапазона 8—14 мк, оказалось, что соответствующая величине излучения температура вовсе не сохраняется на всех длинах волн свое значение 128—130° К. Около длины волны 5 мк яркостная температура Юпитера равна примерно 230° К. В этом месте спектр свободен от сильных полос поглощения метана и аммиака, так что излучение может выходить из более глубоких слоев атмосферы без ослабления. Казалось бы, что внутри сильной полосы поглощения метана яркостная температура должна быть очень низкой. Однако температура, измеренная по излучению вблизи длины волны 7 мк, где находится очень интенсивная метановая полоса поглощения, получилась существенно выше, чем на длинах волн от 9 до 13 мк. На этих волнах яркостная температура почти неизменна и равна 128° К, а на 7 мк она достигает 145° К, хотя излучение в области 9—13 мк должно поступать из более глубоких слоев атмосферы. Температура же, измеренная на 7 мк, вероятно, относится к стратосфере Юпитера. Минимальная температура в стратосфере получилась около 115° К, что приблизительно соответствует изотермической области. А величина 145° К свидетельствует о том, что над изотермической областью температура должна расти с высотой.

За счет чего может происходить нагревание

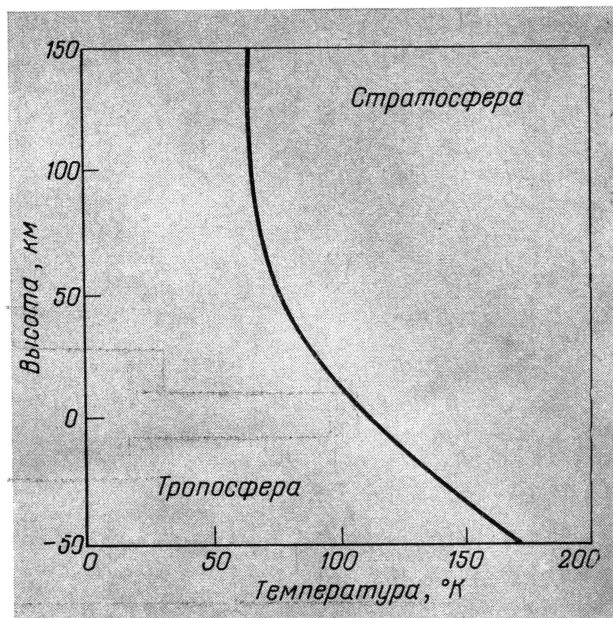
стратосферы? Расчеты показали, что для этого достаточно солнечного излучения, поглощенного метаном в участке спектра вблизи 3,3 мк, где находится другая очень сильная полоса поглощения этого газа. Если в стратосфере Юпитера существует изотермическая зона, то вертикальная протяженность ее составляет не более десятка километров, после чего начинается температурная инверсия, т. е. рост температуры с высотой.

Этим пока и ограничиваются наши представления о температурных условиях в атмосфере Юпитера. Но положение не кажется безнадежным. С помощью телескопов, поднятых баллонами в стратосферу Земли, орбитальных и межпланетных станций в дальнейшем, несомненно, удастся исследовать спектр теплового излучения Юпитера в более длинноволновой области. При этом выявятся многие особенности высотного распределения температуры в атмосфере Юпитера.

Для исследования температурных условий в атмосфере планеты бесполезным может оказаться и изучение структуры облачного покрова. Хорошо известно, что видимая поверхность Юпитера—это поверхность облачного слоя, окутывающего планету. Низкие температуры в верхних слоях тропосферы способствуют конденсации аммиака, из кристалликов которого, по-видимому, и состоит наблюдаемый облачный покров Юпитера. В инфракрасном спектре Юпитера действительно была обнаружена полоса поглощения, характерная для твердого аммиака. Но мы пока не знаем, чем обусловлены наблюдаемые на

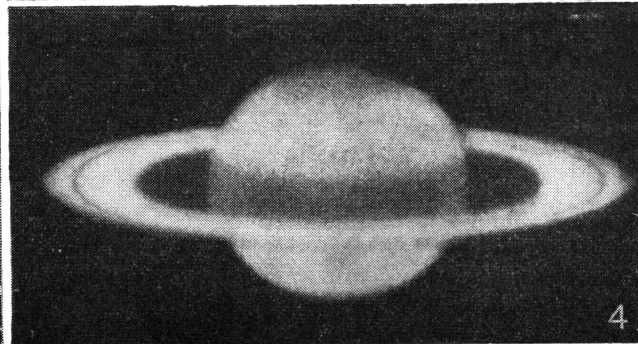
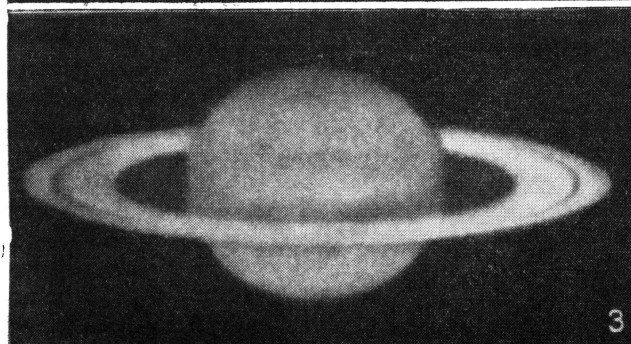
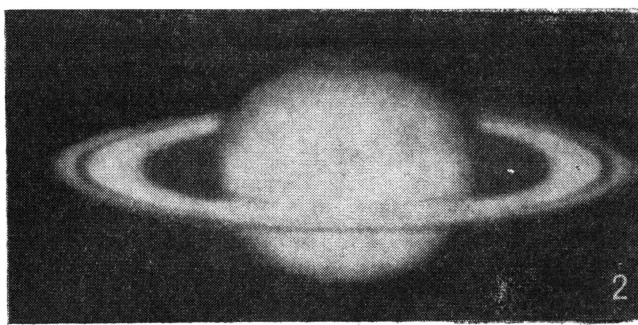
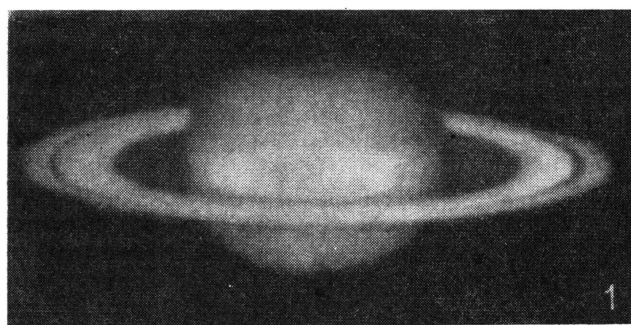
диске Юпитера различия в яркости и цвете отдельных облачных поясов и деталей. Структура облачного слоя, его высота и плотность в значительной степени зависят от температурного режима атмосферы и, несомненно, должны реагировать на любые изменения этого режима.

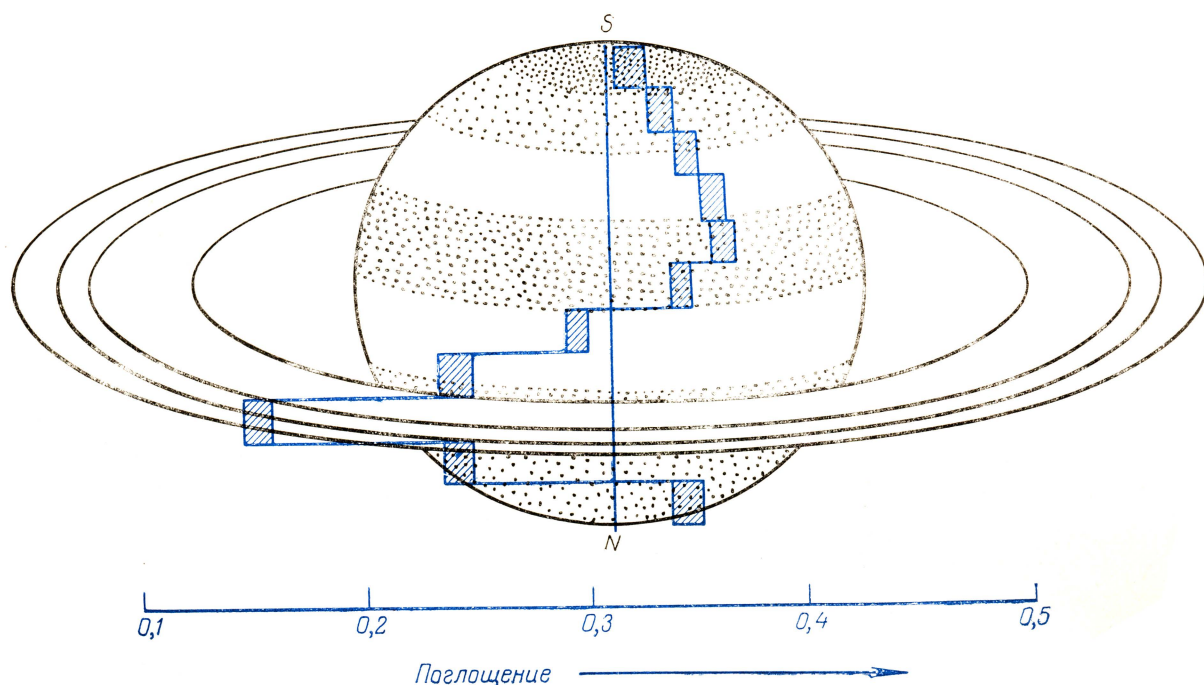
Кроме аммиачного облачного слоя в атмосфере возможно образование облаков из конденсированных паров воды, раствора аммиака в воде и соединения NH_4SH . Верхняя граница этих облаков должна находиться вблизи уровня с температурой $200\text{--}220^\circ\text{K}$. Облака недоступны прямым наблюдениям, поэтому судить о составе и структуре их пока можно только на основе теоретических соображений. Однако не исключено, что именно они оказывают влияние на прохождение сквозь атмосферу теплового излучения с длиной волны около 5 мк. Вспомним, что яркостная температура диска Юпитера на этой длине волны получилась равной 230°K . Когда же Дж. Уэстфол стал измерять интенсивность излучения отдельных участков диска Юпитера на 5 мк, обнаружилось, что оно в основном приходит из области темной Северной экваториальной полосы, яркостная температура которой равна 235°K . На других широтах температура не превосходила $205\text{--}210^\circ\text{K}$. Но отдельные небольшие детали имели температуру $300\text{--}310^\circ\text{K}$. Возможно, нижний облачный слой несплошной и сквозь его разрывы может выходить излучение из бо-



Изменение температуры с высотой в атмосфере Сатурна (расчеты Л. Трэфтона). Принята чисто водородная модель атмосферы. Эффективная температура Сатурна считается равной 90°K .

Снимки Сатурна в инфракрасных (1), красных (2), синих (3) и ультрафиолетовых лучах (4). Легко проследить, как меняется относительная яркость экваториальной области Сатурна





Изменение интенсивности метанового поглощения в полосе 0,62 мк вдоль центрального меридиана Сатурна (наблюдения Г. А. Харитоновой и В. Г. Тейфеля). Наименьшее поглощение, если не считать области, экранируемой кольцом, наблюдается в экваториальном поясе планеты. Заметен также спад поглощения к Южному полюсу Сатурна

лее глубоких зон атмосферы. Тогда облака должны состоять из довольно крупных частиц размером в несколько микрон, так как мелкие частицы не будут задерживать длинноволновое излучение. Радиус частиц верхнего облачного слоя не должен превосходить 1 мк, ибо более крупные частицы будут быстро опускаться и испаряться.

Наши представления о верхнем облачном слое за последние годы существенно изменились. Если раньше считалось, что этот слой имеет резкую верхнюю границу, лежащую на уровне с температурой около 168° К, то сейчас от такой модели облаков пришлось отказаться. Прежде всего, выяснилось, что облачный слой играет немаловажную роль в формировании наблюдаемых в спектре Юпитера полос поглощения. Из-за многократного рассеяния на частицах свет проходит в облаке гораздо больший путь, чем в надоблачной атмосфере, состоящей только из газа без примеси аэрозолей. Интенсивность линий и полос поглощения уже зависит не только от содержания газа в атмосфере, но и от плотности облачного покрова, размеров и оптических свойств частиц, из которых состоят облака. Все это усложняет

определение количественного содержания газов в атмосфере Юпитера, но, с другой стороны, позволяет исследовать изменения в структуре облаков, отражающиеся на интенсивности полос поглощения.

На фотографиях, полученных через светофильтр, который вырезал узкий участок спектра внутри сильной полосы поглощения метана, вид Юпитера совершенно необычен. На его диске отчетливо вырисовываются яркие полярные шапки, невидимые на обычных снимках, что указывает на резко ослабленное поглощение в околополярных областях планеты. По мнению американского исследователя Т. Оуэна, ослабление поглощения может быть связано с существованием высоких облаков в более холодных областях планеты. Особенности изменений интенсивности полос поглощения от центра к краям диска Юпитера, выявленные С. Гессом, В. В. Аврамчуком, В. И. Морозом, Д. Крукшенком и автором этой статьи, свидетельствуют, что над плотными аммиачными облаками лежит слой разреженной аэрозольной дымки. Об этом же говорят и результаты ракетных исследований. Отражательная способность Юпитера в ультрафиолетовых лучах

(длина волны менее 0,3 мк) значительно ниже, чем должна быть у планеты, окруженной водородо-гелиевой атмосферой. Вероятно, в верхних слоях атмосферы есть аэрозольная дымка, сильно поглощающая ультрафиолетовое излучение.

Теоретические расчеты также подтверждают предположение об аэрозольной дымке, которая может состоять из кристалликов аммиака, сконденсировавшегося над основным облачным слоем тропосферы. В верхние слои атмосферы Юпитера, как и в земную атмосферу, наверняка, проникают частицы метеорной пыли. Такие частицы служат ядрами конденсации, они облегчают процесс формирования кристалликов аммиака. Согласно теоретическим расчетам предполагается, что в нижней части стратосферы возможен перенос аммиака при турбулентных движениях атмосферных масс. Конечно, ни о какой резкой верхней границе облаков говорить не приходится. Резкой должна быть нижняя граница, высота которой зависит от относительного содержания аммиака в тропосфере Юпитера.

АТМОСФЕРА САТУРНА изучена несколько хуже, чем Юпитера, так как большая удаленность и меньшие угловые размеры делают эту планету более трудным объектом исследования, чем Юпитер. По химическому составу атмосферы обеих планет, по-видимому, очень сходны. Правда, долгое время не удавалось найти в спектре Сатурна полосы поглощения аммиака. Недавно американские радиоастрономы Дж. Вриксон и В. Уэлч обнаружили в спектре радиоизлучения Сатурна вблизи длины волны 1,3 см депрессию, которая совпала с полосой поглощения аммиака. Это не противоречит данным спектральных наблюдений в оптическом диапазоне. Просто, аммиака в верхней атмосфере Сатурна недостаточно, чтобы создать заметные полосы поглощения в видимой и инфракрасной областях спектра. Образование же аммиачных облаков на Сатурне вполне возможно и более вероятно, чем возникновение облаков из сконденсированного метана.

Если химический состав атмосферы Сатурна принять таким же, как у Юпитера, темпера-

турный режим тропосферы все же получится существенно иным. Дело в том, что ускорение силы тяжести на Сатурне в 2,5 раза меньше, чем на Юпитере, поэтому градиент температуры в тропосфере Сатурна приблизительно в 2,5 раза меньше, т. е. температура в атмосфере Сатурна убывает с высотой менее чем на один градус на километр высоты. Сатурн тоже имеет внутренние источники тепла — его эффективная температура равна 94° К, вместо теоретически рассчитанной равновесной температуры 77° К.

Облачный слой Сатурна кажется более однородным, чем у Юпитера, хотя полосы заметны и на диске Сатурна. Но в видимых лучах полосы на Сатурне мало контрастны, выделяется только светлый экваториальный пояс. Зато в фиолетовых и ультрафиолетовых лучах контрасты резко усиливаются, причем светлый экваториальный пояс (или часть его) становится очень темным, тогда как тропический пояс, представлявшийся темным в видимых лучах, в ультрафиолетовых становится светлым. Кроме того, на снимках в ультрафиолетовых лучах отчетливо заметно усиление яркости к краям диска.

Судя по тому, как на Сатурне меняется с широтой интенсивность полос поглощения метана, можно предполагать, что облака в экваториальном поясе планеты находятся на большей высоте или имеют несколько большую плотность, чем в умеренных широтах. В верхних слоях атмосферы Сатурна, так же как и на Юпитере, должна быть разреженная аэрозольная дымка. Последующие наблюдения, вероятно, уточнят наши представления о структуре облаков Сатурна.

Много нерешенных проблем в исследовании планет-гигантов. Сведения о внешних слоях атмосферы Юпитера и Сатурна — лишь первые шаги в познании природы этих чрезвычайно интересных небесных тел. Дальнейшее развитие космической техники, наземных средств и методов исследования, несомненно, позволит уже в сравнительно недалеком будущем существенно пополнить наши знания о физических условиях в атмосферах крупнейших планет Солнечной системы.

М. С. БОБРОВ
доктор физико-математических наук

САТУРН

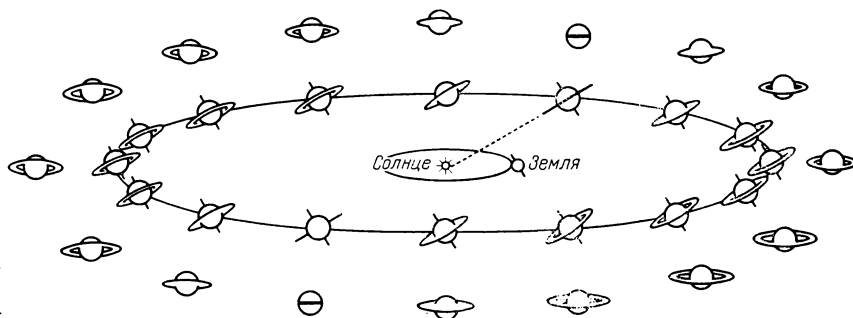
Единственное в своем роде украшение планеты Сатурн — его гигантская система концентрических плоских колец — по-прежнему привлекает внимание планетоведов, небесных механиков и космогонистов, оставаясь для них почти неограниченным полем исследования. В то же время наблюдатели, изучающие диск Сатурна, склонны рассматривать кольца, скорее, как помеху в работе, поскольку они испускают массу «паразитного» света и к тому же загораживают значительные участки диска.

Бывают, однако, такие периоды видимости Сатурна, когда эти две, казалось бы, несовместимые точки зрения удастся примирить. Это происходит в годы, когда раскрытие колец уменьшается до минимума и эллипс колец, стягиваясь в линию, уподобляется светлой игле, пронизывающей тело Сатурна по экватору. Тогда обильную жатву фактов собирают и наблюдатели колец, и наблюдатели диска, и даже наблюдатели спутников Сатурна. Действительно, световой поток от колец в это время относительно мал и почти не мешает наблюдать

диск и спутники планеты, исследователи же колец получают возможность измерять их толщину, так как кольца обращены к Земле ребром. При некоторых положениях Сатурна Солнце и Земля оказываются по разные стороны от плоскости колец, и тогда земной наблюдатель в состоянии изучать темную, «ночную» их сторону. Наконец, при минимальных раскрытиях колец видимые пути большинства спутников пересекают диск Сатурна и происходят покрытия спутников диском и прохождения их по диску, что тоже представляет интерес для планетной астрономии.

ПРОХОЖДЕНИЯ ЗЕМЛИ ЧЕРЕЗ ПЛОСКОСТЬ КОЛЕЦ

Для более ясного понимания дальнейшего полезно вспомнить, что раскрытие колец Сатурна меняется периодически, поскольку плос-



Фазы колец Сатурна (рисунок Х. Гюйгенса). За одно обращение планеты по орбите плоскость колец дважды проходит через Солнце и орбиту Земли

кость колец при движении планеты по орбите перемещается в пространстве параллельно самой себе. Отсюда следует, что за одно полное обращение Сатурна по орбите (около $29\frac{1}{2}$ лет) Солнце дважды проходит через плоскость колец и дважды наступает наибольшее раскрытие колец с точки зрения воображаемого наблюдателя на Солнце. Так как орбита Сатурна не точно круговая, то скорость планеты близ перигелия выше, чем близ афелия, а потому промежутки между последовательными прохождениями Солнца через плоскость колец неодинаковы ($13\frac{3}{4}$ и $15\frac{3}{4}$ года). Примерно за 180 дней до того как плоскость колец пройдет через Солнце, она начинает пересекать земную орбиту, а еще через 180 дней сходится с ней. Обычно за эти 360 дней Земля либо один раз, либо три раза проходит через плоскость колец. В 1936—1937 гг. наблюдалось одно прохождение и одно очень тесное сближение Земли с плоскостью колец (почти касание), но такие случаи редки.

Последняя, весьма благоприятная для астрономов серия прохождений имела место в 1966 г. Земля пересекла плоскость колец трижды — в апреле, октябре и декабре. Апрельское прохождение наблюдать было невозможно из-за близости Сатурна к Солнцу; два других, наоборот, оказались вполне удобными для наблюдения. Солнце пересекло плоскость колец в июне, превратив обращенную тогда к Земле южную сторону колец из «ночной» в «дневную». Второй период видимости «ночной» стороны продолжался с 29 октября по 17 декабря, после чего Земля окончательно перешла на южную сторону колец, где и останется до 1980 г.

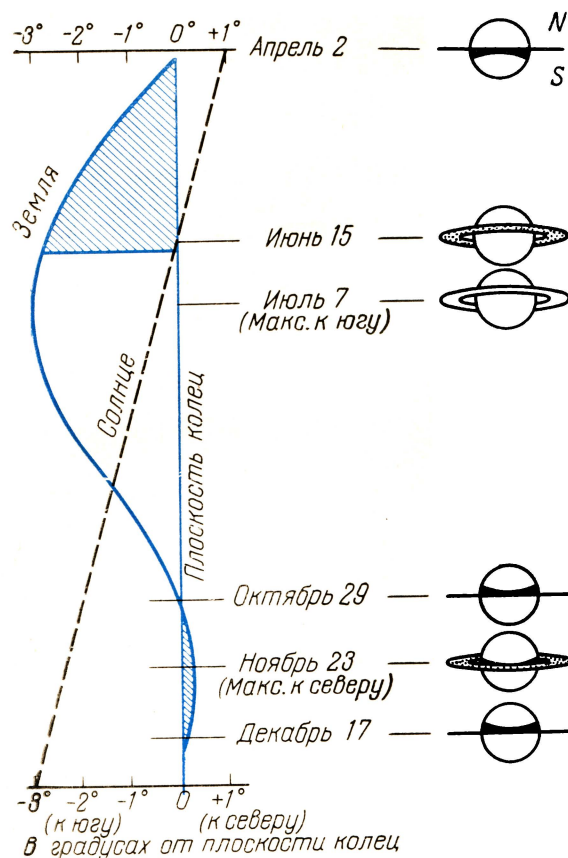
ВСЕМИРНЫЙ ПАТРУЛЬ САТУРНА 1966 ГОДА

Моменты прохождения Земли через плоскость колец вычисляются заблаговременно. Но так как положение плоскости колец Сатурна в пространстве в 1966 г. было известно с недостаточно высокой точностью, вычисленные моменты прохождения могли содержать ошибку, достигающую суток. Поэтому нельзя было определить заранее, для каких обсерваторий Сатурн в момент октябрьского или декабрьского прохождений окажется над горизонтом.

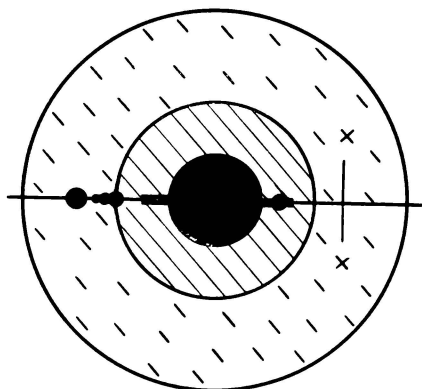
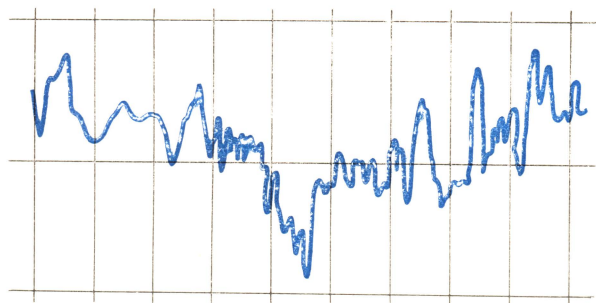
По предложению автора статьи Международный астрономический союз организовал в 1966 г. «всемирный патруль» Сатурна. В продолжение многих дней обсерватории Европы, Азии, Северной Америки, Австралии и Новой Зеландии следили за планетой круглосуточно. Что же нового узнали о Сатурне астрономы?

Кольцо D. Существование за пределами известной системы колец Сатурна еще одного, самого внешнего кольца подозревалось начиная со второй половины прошлого века, однако все прежние свидетельства основывались на субъективных, чисто визуальных наблюдениях. Некоторые наблюдатели, в том числе весьма авторитетные, например Э. Барнард, вообще считали его фикцией. Американский астроном В. Фейбельман (1966 г.) впервые подтвердил существование кольца D объективно, получив его изображение на фотопластинках.

Кольцо D лежит в той же плоскости, что и остальные кольца, но отличается от них крайней разреженностью; след его на снимках получается только при условии, что Земля находится почти в плоскости колец и притом со стороны, противоположной Солнцу. Диаметр



Вид колец Сатурна и изменение углов возвышения Земли и Солнца над плоскостью колец в 1966 г. Штриховка означает, что к Земле обращена «ночная» сторона колец



Схематическое изображение системы Сатурна (по негативу, полученному В. Фейбельманом 14 ноября 1966 г.). Видны: темное тело планеты, кольца с ребра и спутники Сатурна. Внутренний заштрихованный круг соответствует размеру изображения сильно передержанного диска планеты; внешний — размеру фотографического ореола диска. Тонкой горизонтальной линией показан след кольца D. Вверху приведена регистрограмма почернения негатива вдоль сечения X—X. Провал в центре вызван почернением от кольца D

кольца D превышает размеры ранее известной системы колец более чем вдвое.

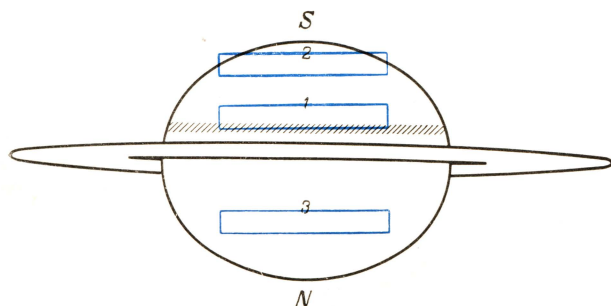
Десятый спутник. Неожиданным, но весьма приятным результатом международных патрульных наблюдений было открытие у Сатурна десятого спутника. Напомним, что спутник, названный Янусом, открыт 15 декабря 1966 г. О. Дольфюсом на французской высокогорной обсерватории Пик дю Миди *. Близость к ярким кольцам и слабый блеск (14-я звездная величина) делают спутник объектом, крайне трудным для обнаружения. Подобно кольцу D, Янус различим лишь в периоды видимости ночной

стороны колец; вдобавок, в момент наблюдения он должен находиться на максимальном видимом удалении от Сатурна (в элонгации — восточной или западной).

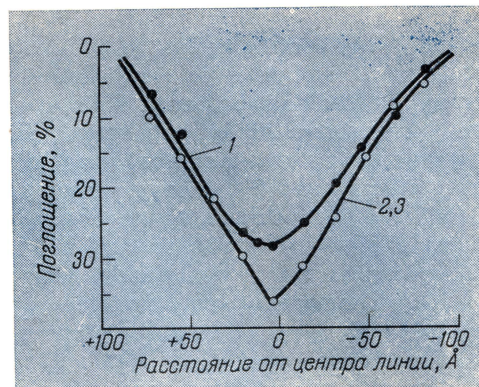
Любопытно отметить, что Янус, а также более далекий спутник Сатурна Энцелад движутся вокруг планеты, все время находясь внутри кольца D, как бы в сопротивляющейся среде, хотя и очень разреженной. Правда, скорости частиц кольца относительно спутников должны быть близки к нулю, так как и те и другие определяются III законом Кеплера для круговых орбит. Что касается Мимаса — спутника, который движется между Янусом и Энцеладом, то его орбита наклонена к плоскости колец на $1^{\circ},5$ и поэтому он лишь периодически пересекает кольцо D.

Газо-пылевая «атмосфера» колец. Первые свидетельства существования разреженной газо-пылевой «атмосферы» колец получил в 1936—1937 гг. итальянский наблюдатель М. Маджини. В 1966 г. советский астрофизик Н. А. Козырев сделал попытку исследовать эту оболочку спектроскопически. Во время наблюдений лучи Солнца были направлены почти вдоль плоскости колец и проходили в оболочке весьма длинный путь. Это позволяло надеяться, что даже при малом поглощении на единицу длины оболочки ее спектральные особенности выявятся достаточно четко. Щель спектрографа устанавливалась параллельно плоскости колец, и были получены спектры участков диска Сатурна в непосредственной близости от колец, т. е. через предполагаемую оболочку, и на существенном удалении от них — там, где оболочка должна уже кончиться. Наблюдения показали, что близ колец в спектре диска Сатурна ослаблена полоса поглощения метана. Полосы аммиака, наоборот, оказались усиленными. Подобное явление должно наблюдаться в случае, если участок атмосферы Сатурна, освещаемый Солнцем через оболочку, имеет более высокую температуру, чем участки, освещаемые Солнцем непосредственно. Похоже, таким образом, что оболочка колец Сатурна способна создавать парниковый эффект. Кроме того, Н. А. Козырев отметил усиление линий водяного пара и характерный для ледяных кристаллов ход интенсивности спектра с длиной волны. Он пришел к заключению, что газо-пылевая оболочка колец Сатурна состоит из мелких ледяных кристаллов и водяного пара. Ледяные кристаллики могут возникать при соударениях частиц колец друг с другом (известно, что частицы покрыты слоем снега или инея), а молекулы H_2O солнечные фотоны отрывают от поверхности ледяных кристаллов.

* О. Дольфюс. Открытие Януса — десятого спутника Сатурна. «Земля и Вселенная», № 1, 1968 г. (Прим. ред.)



Расположение щели спектрографа на диске Сатурна во время наблюдений Н. А. Козырева 10—21 октября 1966 г. (слева). 1 — положение щели в области предполагаемой газо-пылевой оболочки колец; 2 и 3 — вне оболочки. Штриховкой показана тень колец на диске планеты. Справа — профили полосы поглощения метана с длиной волны 6190 Å вблизи плоскости колец, где атмосфера Сатурна освещается Солнцем через оболочку (точки), и вдали от нее (кружки). Вблизи колец полоса поглощения метана слабее



Молекулы водяного пара и ледяные кристаллики, двигаясь в поле тяготения Сатурна, обязательно пересекают плоскость колец, и потому большая их часть вскоре снова оседает на поверхности частиц, из которых состоят кольца. Но не следует забывать, что и молекулы и кристаллы соударяются также и между собой, и эти удары изменяют их орбиты. Стечение случайных обстоятельств может привести к тому, что траектории некоторых молекул и кристаллов будут проходить между внутренней границей колец и шаром Сатурна. Двигаясь в этой области, они не будут сталкиваться с веществом колец и потому смогут существовать достаточно долго. Следовательно, можно ожидать, что основное облако газа и пыли расположено не над плоскостью колец, а между внутренней границей колец и видимой поверхностью планеты. Эта догадка Н. А. Козырева находит подтверждение в некоторых наблюдательных фактах, в разное время замеченных другими астрономами. Так, еще в 1933 г. советские планетоведы Н. П. Барабашов и Б. Е. Семейкин обнаружили, что пространство между внутренним кольцом и диском планеты рассеивает голубые лучи и, следовательно, заполнено какой-то разреженной мелкодробленой материей (газом или пылью). А в конце 1969 г. французский астроном П. Герен зафиксировал на фотопластинке слабые следы этого облака в желтых лучах. Облако имеет кольцеобразную форму и отделено от крепового кольца темной «щелью», подобной известной «щели Кассини» между кольцами А и В.

Непосредственно над яркими кольцами А и В сколько-нибудь заметной атмосферы нет.

Чтобы убедиться в этом, американские ученые Ф. Франклин и А. Кук наблюдали спектр Реи, одного из спутников Сатурна, в моменты, когда луч света, шедший от нее к Земле, почти касался плоскости колец. В спектре спутника не найдено никаких следов поглощения атмосферой. В частности, концентрация паров натрия в этом пространстве заведомо ниже 100 атомов в 1 см^3 (для сравнения напомним, что в 1 см^3 земного воздуха при нормальных условиях содержится $2,69 \cdot 10^{19}$ молекул).

Толщина колец. Главной задачей «всемирного патруля» Сатурна было измерение толщины колец. Напомним, что из более ранних наблюдений знали только, что толщина колец, по-видимому, существенно меньше 10 км, но истинная ее величина ускользала от наблюдательной оценки и для нее предлагались самые различные значения. В частности, американский астроном Ф. Франклин в 1962 г. выступил с сенсационным заявлением, что по его (косвенным) данным толщина колец Сатурна не превышает 10 см. 1966 год положил конец спорам.

Как же удалось оценить толщину колец? Представим, что мы наблюдаем Сатурн в телескоп в момент, когда Земля пересекает плоскость его колец. Мы увидим по обе стороны диска планеты две половины блестящей «иглы», в которую превратились кольца. При достаточно большом увеличении можно будет разглядеть, что «игла» имеет хотя и малую, но вполне заметную толщину. Однако неправильно было бы думать, что это и есть истинная толщина колец. Это их «кажущаяся», или «видимая», толщина, вызванная обычным для телескопа

уширением изображения любого светила вследствие волновых свойств света и неспокойствия земной атмосферы. В наилучших условиях (высокогорная обсерватория, исключительно спокойная атмосфера) это уширение составляет не менее 0,1 угловой секунды. Но даже 10 км с расстояния, на котором находится Сатурн, видны под углом всего 0,0014 секунды, а фактическая толщина колец Сатурна еще меньше. Следовательно, прямое измерение толщины колец по их изображению в телескопе невозможно.

На помощь приходит фотометрия. Нетрудно сообразить, что яркость изображения колец будет настолько ниже истинной яркости ребра, насколько истинная толщина колец меньше их кажущейся толщины. Какие из величин, входящих в эту пропорцию, известны? Кажущуюся толщину и яркость изображения можно измерить. Что касается истинной яркости ребра, то поскольку при наблюдении с ребра кольца непрозрачны, а отражательные свойства частиц, образующих кольца, вероятно, более или менее одинаковы по всему объему колец, то можно ожидать, что эта величина — порядка яркости боковой стороны колец в ее наиболее плотных зонах (так называемое кольцо В). Яркость кольца В много раз измерялась — она примерно равна яркости центра диска Сатурна. Таким образом, нам известны три величины из четырех, а значит, можно вычислить истинную толщину колец.

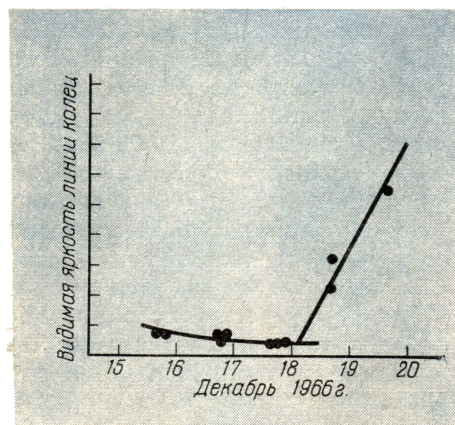
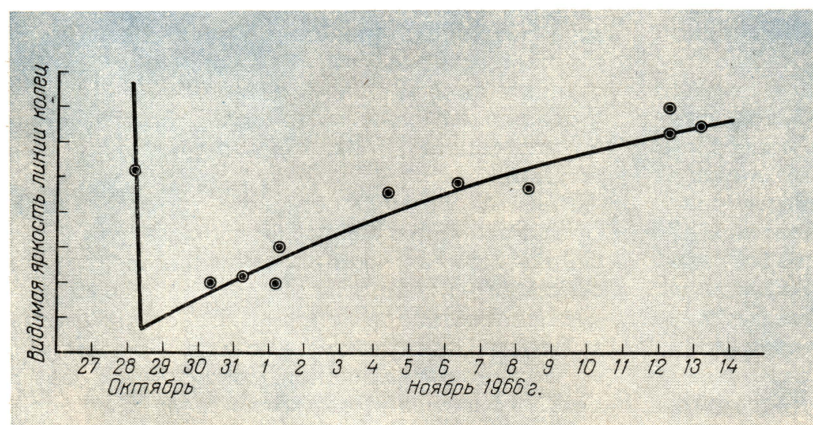
Фактически дело осложнялось тем, что в 1966 г. наблюдателям не удалось «поймать» самый момент прохождения Земли через

плоскость колец, а потому световой поток от колец не был потоком только от ребра, к нему примешивался поток от боковой стороны колец. Наблюдателям пришлось измерять яркость изображения колец несколько раз при различных раскрытиях, и момент минимума яркости (интерполированной) был принят за момент пересечения Землей плоскости колец.

Наблюдения близ октябрьского и декабрьского прохождений Земли через плоскость колец проводились Р. И. Киладзе в СССР (Абастуманская обсерватория), О. Дольфюсом и Ж. Фокасом во Франции (обсерватория Пик дю Миди). Р. И. Киладзе нашел для толщины колец в голубых лучах значение 1,5 км, О. Дольфюс и Ж. Фокас — в желтых лучах 2,8 км. Ошибку определений авторы оценивают в 25—50%. Таковы первые, пионерские оценки толщины колец Сатурна.

КАК ДВИЖУТСЯ ЧАСТИЦЫ КОЛЕЦ

Наблюдательные факты показывают, что поперечник типичной частицы колец Сатурна во много раз меньше километра. Иначе говоря, размеры частицы много меньше толщины колец. В то же время из механики известно, что плоскость орбиты спутника, который обращается вокруг планеты под действием силы всемирного тяготения, всегда проходит через центр массы планеты. Разумеется, это справедливо и для частиц колец Сатурна, каждую из



Изменение видимой яркости колец Сатурна близ моментов прохождения Земли через их плоскость в октябре и декабре 1966 г. Минимум яркости соответствует моменту прохождения. По минимальной яркости впервые удалось оценить толщину колец

которых можно рассматривать как маленький спутник. Как же из столь мелких частиц образуется система колец толщиной порядка нескольких километров? Очевидно, что плоскости орбит частиц должны быть наклонены под разнообразными небольшими углами к средней плоскости колец так, чтобы все эти плоскости имели одну общую точку, совпадающую с центром массы Сатурна.

Пожалуй, более наглядно можно представить такой тип движения в виде суммы кругового орбитального движения вокруг Сатурна в средней плоскости колец и колебаний около мгновенного положения на орбите по трем взаимно перпендикулярным направлениям, из которых два лежат в плоскости орбиты, а третье перпендикулярно к ней.

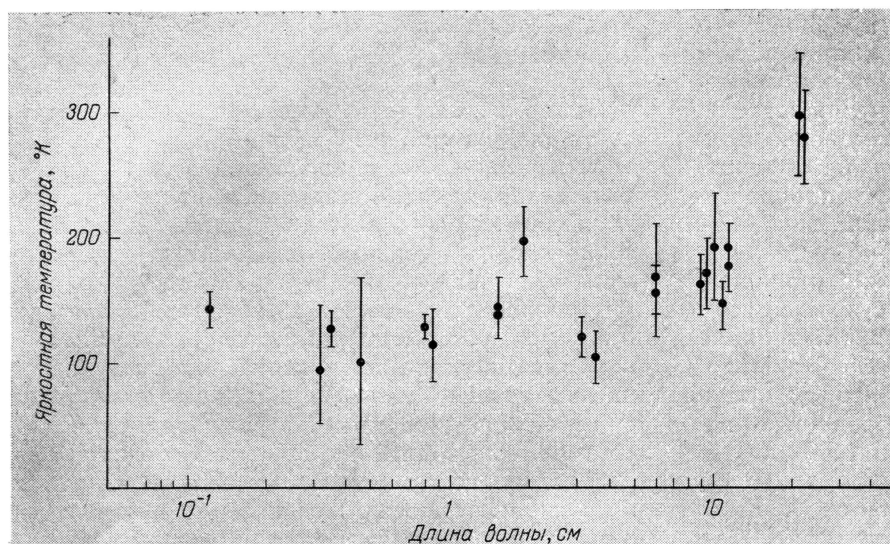
Можно показать, что если такое облако частиц не слишком прозрачно (а для колец Сатурна это именно так), то частицы будут постоянно сталкиваться между собой. Но, как известно, при ударе часть энергии относительного движения сталкивающихся тел переходит в тепло (диссипирует). В нашем случае относительное движение частиц возникает за счет их колебаний по трем взаимно перпендикулярным направлениям. Диссипация этой энергии означает постепенное затухание (уменьшение размаха) колебаний до столь малой величины, что частицы уже не смогут соударяться. При этом их траектории превратятся в почти точные окружности, а толщина колец будет лишь незначительно превосходить поперечник частицы.

Поскольку, однако, толщина колец больше поперечника частицы во много раз, предложенная картина не соответствует действительности. Тем более, что на затухание колебаний требуется промежуток времени, весьма малый в сравнении с временем существования Солнечной системы. Видимо, должен протекать какой-то параллельный процесс, компенсирующий затухание колебаний частиц и тем самым поддерживающий толщину колец на неизменном уровне. Иначе говоря, должен существовать источник энергии, непрерывно пополняющий ее отток вследствие диссипации. Пока еще нельзя указать этот источник с полной достоверностью. Несомненно, что возмущения частиц, вызванные притяжением со стороны спутников, а также удары метеоритов постоянно возбуждают колебательное движение частиц перпендикулярно к средней плоскости колец и таким образом поддерживают некоторую более или менее постоянную толщину колец в течение миллиардов лет. Однако могут ли они раскачать частицы до нужного размаха колебаний? Решение этого вопроса требует дальнейших исследований.

РАДИОИЗЛУЧЕНИЕ САТУРНА

Подобно тому как можно измерить поток света, падающий от Сатурна на входное отверстие оптического телескопа, можно измерить и поток радиоизлучения этого светила, воспринимаемый антенной радиотелескопа. Зная площадь антенны и площадь светила, можно вычислить его «радиояркость» в том интервале длин волн, в котором работает приемное устройство радиотелескопа. Напомним, что нагретое тело испускает электромагнитные волны в весьма широком диапазоне, включая и радиоволны. Поэтому радиояркость светила может дать информацию о его температуре. Мы говорим «может», так как известны и другие, нетепловые механизмы радиоизлучения. Например, радиопередатчик излучает радиоволны не за счет подведения к антенне тепла, а благодаря возбуждению в ней быстропеременного электрического тока. Подобные механизмы действуют и в природе.

Это маленькое отступление понадобилось нам для того, чтобы читателю легче было понять смысл графика, изображенного на странице 16, где даны результаты измерений яркости Сатурна на разных длинах волн радиодиапазона. При построении графика предполагалось, что измеренное излучение является тепловым, и потому вместо яркости по оси ординат отложена «яркостная температура» — величина, представляющая собой температуру идеального теплового излучателя (абсолютно черного тела), яркость которого в данном интервале длин волн была бы равна измеренной яркости светила. Кроме того, предполагалось, что исследуемое излучение радиоастрономы принимают только с видимого диска планеты, поэтому считается пренебрежимо малым возможное радиоизлучение колец Сатурна и его радиационных поясов. Точность радиоастрономических измерений еще не настолько высока, чтобы можно было проверить справедливость этой гипотезы, можно лишь сказать, что она согласуется с существующими наблюдательными данными. В частности, по наблюдениям американских радиоастрономов Дж. Берджа и Р. Рида, на волнах 9 и 10,7 см по крайней мере 90% радиоизлучения Сатурна исходит от видимого диска планеты, а вклад радиационных поясов и колец может составлять менее 10%. Дж. Бердж и Р. Рид пришли к выводу, что на сантиметровых волнах подавляющая часть радиоизлучения Сатурна возникает в его атмосфере. Недавние наблюдения Сатурна, выполненные советскими радиоастрономами А. Д. Кузьминым и Б. Я. Лосовским, показали,



Яркостная температура Сатурна в радиодиапазоне. Черточки соответствуют погрешностям измерений. Точность измерений довольно низка, поэтому точки беспорядочно «скачут». Однако заметно увеличение яркостной температуры с ростом длины волны. В инфракрасном диапазоне (10—20 мк) температура планеты равна $95 \pm 3^\circ$

что то же самое справедливо и для более коротковолнового радиоизлучения (0,8 см).

Главная отличительная черта рассматриваемого графика — рост яркостной температуры с увеличением длины волны. Выводить формулу, выражающую закон роста, пока рано, ибо современная точность измерений довольно низка, вследствие чего наблюдаемые точки не поднимаются слева направо плавно, а беспорядочно «скачут». Впрочем, возможно, что скачки в какой-то мере отражают и реальные особенности хода температуры с длиной волны, однако выяснить это можно будет лишь в дальнейшем, когда удастся повысить точность измерений. Так или иначе, сам факт роста температуры с длиной волны неоспорим.

Это явление можно объяснить и тепловым, и нетепловым излучением атмосферы Сатурна. Вторая гипотеза представляется в настоящее время весьма сомнительной. Действительно, источником нетеплового излучения планеты может быть тот или иной вид движения заряженных частиц, а такие частицы в достаточном количестве могут находиться либо в радиационных поясах, либо в ионосфере планеты. Если говорить о радиационных поясах, то мы уже видели, что интенсивность их излучения, по крайней мере на сантиметровых волнах, мала, и следовательно, маловероятно, чтобы ход температуры с длиной волны был связан с ними. Что касается ионосферы, то теоретический расчет американских ученых С. Галкиса, Т. Макдонафа и Х. Крафта (правда, лишь для одного конкретного механизма излучения) показал, что требуемая плотность заряженных частиц в ней должна быть более чем на порядок выше, чем в ионосфере Юпитера. Трудно

допустить, что это возможно, так как основным источником ионизации частиц в атмосферах обеих планет является солнечное излучение, интенсивность которого на расстоянии Юпитера почти в $3\frac{1}{2}$ раза больше, чем на расстоянии Сатурна.

Более правдоподобно объяснять рост температуры с длиной волны тепловым излучением. Нужно иметь в виду, что атмосфера Сатурна, как и других планет-гигантов, очень толста и непрозрачна. Выйти наружу в межпланетное пространство может лишь излучение тонкого поверхностного слоя атмосферы, прозрачного для данной длины волны. Как правило, чем длиннее волна, тем с большей глубины приходит регистрируемое излучение. Таким образом, наблюдаемый рост температуры с длиной волны, скорее всего, отражает рост температуры атмосферы Сатурна с глубиной. Радиоастрономические наблюдения, по-видимому, открывают возможность исследования атмосфер планет-гигантов до глубин, недоступных оптическим телескопам. Конечно, было бы желательно произвести глубинное зондирование атмосферы не только Сатурна, но и более близкого Юпитера, однако мощное радиоизлучение радиационных поясов последнего делает эту задачу практически неразрешимой.

Естественно, возникает вопрос: почему Сатурн, столь сходный с Юпитером, не обладает достаточно выраженными радиационными поясами? Не исключено, что здесь «виноваты» кольца. Советский радиоастроном В. В. Железняков показал, что вещество колец в своем движении вокруг Сатурна может увлекать за собой ионизованный газ его радиационных поясов, вытягивая при этом вдоль плоскости

ПОЗДРАВЛЯЕМ!

Указом Президиума Верховного Совета РСФСР от 14 сентября 1971 г. почетное звание заслуженного деятеля науки и техники РСФСР присвоено члену-корреспонденту АН СССР **Троицкому** Всеволоду Сергеевичу — заместителю директора по научной работе Горьковского научно-исследовательского радиоп физического института.

Указом Президиума Верховного Совета РСФСР от 14 сентября 1971 г. почетное звание заслуженного деятеля науки РСФСР присвоено доктору физико-математических наук, профессору **Радзиевскому** Владимиру

Вячеславовичу — заведующему кафедрой астрономии Горьковского государственного педагогического института имени М. Горького, вице-президенту Всесоюзного астрономо-геодезического общества при Академии наук СССР и члену редакционной коллегии журнала «Земля и Вселенная».

Редакционная коллегия и читатели журнала «Земля и Вселенная» сердечно поздравляют Всеволода Сергеевича и Владимира Вячеславовича с присвоением высоких почетных заданий и шлют им наилучшие пожелания.

колец силовые линии магнитного поля, «вмороженного» в этот газ. Вполне вероятно, что в результате значительно уменьшится концентрация частиц в радиационных поясах, а соответственно, и интенсивность их радиоизлучения.

Не менее настоятельно требует ответа и другой вопрос: почему радиоизлучение колец Сатурна так слабо в сравнении с радиоизлучением диска? Проще всего объяснить это низкой температурой колец (40°K или меньше). Однако, по измерениям Ф. Лоу, температура колец достигает 84°K . Иначе говоря, кольца не так уж «холодны», но по какой-то причине «плохо излучают» в радиодиапазоне.

Возможно ли это? Способность тела к излучению в той или иной спектральной области (в данном случае — на сантиметровых волнах) тесно связана с его способностью к поглощению. Если поглощается лишь малая доля падающего излучения (т. е. тело сравнительно прозрачно для сантиметровых радиоволн), то и излучаться будет также мало. Многие вещества, непрозрачные для обычного света, для радиоволн оказываются в какой-то мере про-

зрачными. Не составляют исключения и частицы колец Сатурна, о которых мы знаем, что они либо каменные, покрытые слоем инея, либо целиком ледяные. Как показывает эксперимент, сантиметровое радиоизлучение проникает в каменный монолит примерно на 10 длин волн, а в глубь ледяного покрова — до 100 длин волн. Если учесть, что во время наблюдений А. Д. Кузьмина и Б. Я. Лосовского кольца Сатурна располагались так, что луч зрения пересекал всего несколько частиц, то кольца из каменных частиц поперечником 1 см или из ледяных частиц поперечником 10 см должны быть на волне 0,8 см почти совершенно прозрачны и не давать заметного вклада в тепловое радиоизлучение Сатурна. Может быть, в этом и состоит разгадка «ненаблюдаемости» колец Сатурна радиоастрономами.

Таковы новые факты о системе Сатурна, добытые исследователями в последние годы. Ученые не всегда единодушны в их истолковании, но все же эти данные значительно обогащают наши сведения об одной из интереснейших планет-гигантов.

Г. С. ГОЛИЦЫН
доктор физико-математических наук

Новое об атмосферах планет

13 августа 1971 г. во время XV Генеральной ассамблеи Международного союза геодезии и геофизики, проходившей в Москве, состоялся однодневный симпозиум «Планетные атмосферы». На этот симпозиум собрались геофизики, увлеченные проблемой изучения других планет.

М. Я. Маров (СССР) рассказал об атмосфере Венеры. Основные сведения о строении глубоких слоев атмосферы этой планеты получены советскими автоматическими станциями серии «Венера». Особый интерес вызвало сообщение о результатах «Венеры-7». Советская автоматическая станция измерила температуру поверхности планеты в точке посадки. Она оказалась равной 747°K ($+474^{\circ}\text{C}$) с возможной ошибкой $\pm 20^{\circ}$. Зная температуру поверхности планеты и скорость спуска «Венеры-7», получили атмосферное давление — оно колеблется от 84 до 92 атм. По тому как изменялись амплитуды радиосигнала станции в момент соприкосновения ее с поверхностью Венеры, можно судить о механических свойствах грунта: он должен быть тверже земных глин. А ведь недавно считали, что поверхность Венеры покрыта океаном жидких тяжелых углеводородов. Теперь же уверенно можно сказать, что такого океана нет, по крайней мере в точке посадки станции.

С. И. Расул (США) представил результаты вторичного, более тщатель-

ного анализа данных станций «Маринер-6 и -7», пролетавших летом 1969 г. вблизи Марса. Оказывается, давление у поверхности планеты примерно на 1 мб выше, чем сообщалось ранее во всех четырех радиозатменных экспериментах (наблюдались заход за планету каждой станции и ее выход). Из-за сложного рельефа Марса (перепад высот отдельных участков, по радиолокационным данным, достигает 12 км), давление варьировало в пределах 5—8 мб. Сейчас надежно установлено, что температура поверхности марсианской полярной шапки точно соответствует температуре конденсации углекислоты, в чем еще недавно приходилось сомневаться. Углекислый газ может конденсироваться не только в области полярной шапки. На многих фотографиях, снятых станциями, у края диска Марса видны слои дымки. Спектрограммы этих слоев уверенно подтверждают, что твердая углекислота может существовать во взвешенном состоянии над поверхностью планеты в интервале высот 20—30 км.

Дж. С. Льюис (США) выступил с докладом «Химия планетных атмосфер». Он считает, что главное — понять, как при заданном распределении химических элементов в космосе образуется та или иная планета и ее атмосфера. Много внимания уделил докладчик атмосфере Юпитера. Предполагается, что ниже види-

мого облачного слоя Юпитера, состоящего всего вероятней из кристалликов аммиака, можно ожидать облачные слои из жидкого аммиака, воды, сероводородов и ряда других соединений, в том числе — в глубоких слоях, содержащих кремний, железо и другие элементы. Говоря об атмосфере Венеры, Дж. С. Льюис отметил, что при ее высоких температурах и давлениях должно осуществляться химическое равновесие между корой и атмосферой. Таким свойством земная атмосфера не обладает: стабильность состава атмосферы Земли поддерживается лишь биологической активностью. Отмечалось, что геохимическими процессами довольно трудно объяснить высокие концентрации паров воды, которые были измерены советскими станциями «Венера-4, -5, -6». С этой точки зрения, лучше согласуются между собой спектроскопические данные наземных измерений, по которым оценки концентраций водяного пара оказываются на два — три порядка ниже, чем по данным прямых измерений. Не исключена возможность, что в атмосфере Венеры окажется несколько облачных слоев различной природы.

Большое внимание на симпозиуме было уделено вопросам динамики планетных атмосфер. Обзорный доклад на эту тему сделал Р. Хайд (Англия). Г. С. Голицын (СССР) рассказал о результатах применения теории подобия и некоторых модель-

ных представлений к оценкам характеристик общей циркуляции планетных атмосфер*.

А. С. Монин (СССР) доложил о результатах численного моделирования общей циркуляции атмосферы Венеры, выполненного им совместно с С. С. Зилитинкевичем, В. Г. Туриковым и Д. В. Чаликовым. В этой работе впервые было рассчитано трехмерное поле циркуляции атмосферы Венеры. Вычисления проводились для двух вариантов задачи. В одном из них основная часть солнечного излучения поглощается поверхностью планеты, а во втором — вся видимая радиация поглощается в верхней части атмосферы планеты, не достигая ее поверхности. В обоих случаях картины циркуляции похожи. Оказалось, что наибольшая разница температур, поддерживающая и вызывающая циркуляцию, равна на поверхности планеты всего лишь 1°K и существует между темной и освещенной сторонами планеты. Газ поднимается на светлой стороне и растекается к темной, на нижних атмосферных уровнях движение обратное. Благодаря большой инерции атмосферы, циркуляция несимметрична относительно оси, проходящей через подсолнечную и антисолнечную точки.

* Г. С. Голицын. Погода на других планетах. «Земля и Вселенная», № 6, 1969 г.

Центры действия в атмосфере смещены на светлой стороне к вечернему терминатору, а на темной — очень близко к утреннему терминатору. В циркуляции отсутствуют какие-либо резкие крупномасштабные возмущения типа земных циклонов, что связано с очень малой скоростью собственного вращения Венеры. Средние скорости движений в атмосфере порядка 5 м/сек, они редко достигают величины 10 м/сек. Следует иметь в виду, что эти расчеты проведены для основной толщи атмосферы планеты и не захватывают ее высоких слоев.

В. В. Кержанович (СССР) сообщил о результатах проведенных им совместно с Б. М. Андреевым и В. М. Готлибом измерений скоростей ветра и турбулентных пульсаций ветра в течение спуска советских автоматических станций «Венера-4», -5 и -6». Это первые прямые измерения характеристик ветра в атмосфере другой планеты. Методика основана на измерении доплеровского сдвига частоты передатчика станции, опускающейся на парашюте. Сдвиг вызван не только взаимным движением Земли и Венеры и скоростью спуска самой станции — такие движения известны с высокой точностью — но и сносом станции ветром, если она опускается под некоторым углом к линии, соединяющей центры двух планет. Таким образом, условия для

измерения ветра благоприятны, когда станция садится вдали от подземной точки*, что и было в случае «Венеры-4». Станции «Венера-5 и -6» опускались вблизи подземной точки, поэтому по ним могли быть оценены лишь пульсации вертикальной компоненты скорости ветра, которые не превышали 0,3—0,5 м/сек. По данным станции «Венера-4», в интервале высот 55—45 км над поверхностью планеты, в точке спуска станции, дует сильный ветер со скоростью до 50 м/сек, направленный к экватору. В более низких слоях ветер, в пределах ошибок измерений, составляющих 5—10 м/сек, практически отсутствует. Поскольку эта станция опускалась вблизи утреннего терминатора, направление ветра качественно согласуется с результатами описанных выше численных расчетов атмосферной циркуляции Венеры.

В заключительном выступлении известный американский метеоролог и астроном С. Л. Хесс отметил, что исследования планетных атмосфер развиваются все ускоряющимися темпами и своим прогрессом они обязаны взаимодействию многих научных дисциплин — астрономии, спектроскопии, метеорологии и космической техники.

* Так называется точка поверхности планеты, для которой Земля находится в зените.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

В 1971 г. ученые СССР, США, ФРГ, Болгарии, Польши, Франции, Англии и Японии участвовали в эксперименте, предусмотренном международным проектом «ISAGEX» (International Satellite Geodesy Experiment). Цель проекта — создание триангуляционной сети для определения размеров, фигуры Земли и геопотенциала.

Измерения проводились по принципу: если две наземные станции регистрируют одновременно посланный каждой из них лазерный луч, отраженный затем спутником, то время, затраченное светом на путь до ИСЗ и обратно, позволит определить расстояние до спутника.

Первые такие эксперименты осуществлялись в 1967 г. Благодаря им удалось значительно усовершенствовать «стандартную Землю» — точную модель нашей планеты.

В эксперименте 1971 года участвовало 30 станций, расположенных на разных материках и составляющих вместе четыре базовые линии. Самая протяженная из них — между обсерваториями Воттцелль (южная часть ФРГ) и Наталь (Бразилия), составляющая почти 10 000 км, а также Дионисос (вблизи Афин, Греция) и Олифантсфонтейн (Претория, ЮАР), Олифантсфонтейн и Вумера (Южная Австралия), Канни-Тал (Северная Индия) и остров Гуам

(Тихий океан). Каждая станция была оснащена лазером, фотокамерой и приемным устройством.

В качестве отражателей использовались семь уже существовавших к этому времени искусственных спутников, запущенных различными странами. Точность измерений, по сообщению одного из руководителей эксперимента доктора Айвена Мюллера (Университет штата Огайо), — около 60 см. Анализ повторных измерений, которые будут проводиться в течение последующего 5—10-летнего периода, позволит зафиксировать малейшие изменения в длине базовых линий, если они произойдут.

Не исключено, что международный эксперимент окажет существенное влияние на решение проблемы о дрейфе континентов.

«Science News», 99, 14, 1971.

А. А. ЯРОШЕВСКИЙ
кандидат геолого-минералогических
наук

Образование земной коры и процессы в мантии



Земля возникла примерно 4,5 млрд. лет назад. Первоначально она не имела ни атмосферы, ни гидросферы, ни коры. Вещества, входящие в состав этих оболочек, в течение всей истории Земли выделялись из ее недр, из мантии. Чтобы узнать как это произошло, необходимо воссоздать процессы, которые протекали в мантии Земли миллиарды лет назад и, вероятно, продолжают и в настоящее время.

Хорошо установлено, что Земля имеет слоистое строение: ядро, мантию (нижнюю, верхнюю и переходную зону между ними) и наружные оболочки — земную кору, гидросферу и атмосферу. Физические свойства этих оболочек (плотность, скорости прохождения сейсмических волн и другие) изменяются с глубиной. Это свидетельствует о сложных процессах в недрах планеты.

Как показывают геофизические наблюдения и расчеты, свойства глубинных зон Земли не могут быть объяснены без привлечения представлений о различном химическом составе ее оболочек и ядра.

А эти представления приводят к проблеме дифференциации — разделению на оболочки различного химического состава первичной однородной Земли, образовавшейся в процессе накопления твердой составляющей газо-пылевого протопланетного облака*. Чтобы подробнее рассмотреть современные взгляды на процесс образования оболочек Зем-

ли, необходимо ближе познакомиться с данными о химическом составе ее коры и мантии.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГЛУБИННЫХ ЗОН ЗЕМЛИ

Наши знания о химическом составе недр Земли опираются на различные данные, в разной степени достоверные. Оценки химического состава земной коры основаны на исследовании многочисленных образцов пород на земной поверхности. Главные компоненты земной коры — граниты и базальты (или их аналоги). Пропорция их, по-видимому, систематически изменяется в вертикальном разрезе континентальной коры. С глубиной возрастает относительное содержание пород базальтового состава. На это указывает увеличение плотности глубинных зон земной коры и преимущественная распространенность в самых древних (старше 3 млрд. лет), выходящих на поверхность участках коры таких пород, которые близки по составу к базальтам. Трудно точно указать истинные отношения этих пород в массе земной коры, но большинство оценок, основанных на данных по среднему содержанию

Изложение доклада, прочитанного на XV Генеральной ассамблее Международного геодезического и геофизического союза (Прим. ред.)

* Б. Ю. Левин. Происхождение Земли. «Земля и Вселенная», № 6, 1971 г.

химических элементов в различных осадочных и магматических породах (с использованием результатов измерений объемных отношений различных пород) оказываются близкими к смеси гранит — базальт в отношении 1:1 — для коры континентального типа и 2:3 — для всей земной коры.

Состав мантии Земли можно оценить только на основании косвенных данных. Исследователи располагают двумя источниками информации: геофизическими данными о строении и свойствах недр Земли и результатами изучения метеоритов, представителей вещества той части Солнечной системы, в которой формировалась Земля.

Геофизические наблюдения свидетельствуют о том, что вещество мантии имеет более высокую плотность, чем могли бы иметь в соответствующих условиях породы земной коры — граниты и базальты, в составе которых преобладают «легкие» компоненты — кремнезем и щелочные металлы. Уже одно это должно указывать, что в мантийном веществе больше плотных компонентов. Их свойствам ближе всего соответствуют ультраосновные породы, отличающиеся от гранитов и базальтов низким содержанием кремнезема и щелочных металлов, но обогащенных магнием и железом. Ультраосновные породы изредка обнажаются в зонах глубинных разломов земной коры, например в рифтовых долинах океанических хребтов.

На обогащение вещества мантии (по сравнению с земной корой) соединениями магния и железа указывает аналогия среднего состава земного вещества с составом каменных метеоритов. Дело в том, что сопоставление содержания различных химических элементов в породах земной коры, а также в известных теперь породах лунной поверхности* и среднего состава каменных метеоритов (и Солнца) свидетельствует о вполне определенном их различии, которое может быть выражено, например, изменением отношения числа атомов кремния и магния (Si/Mg)

* А. П. Виноградов. О происхождении лунных пород. «Земля и Вселенная», № 3, 1970 г.

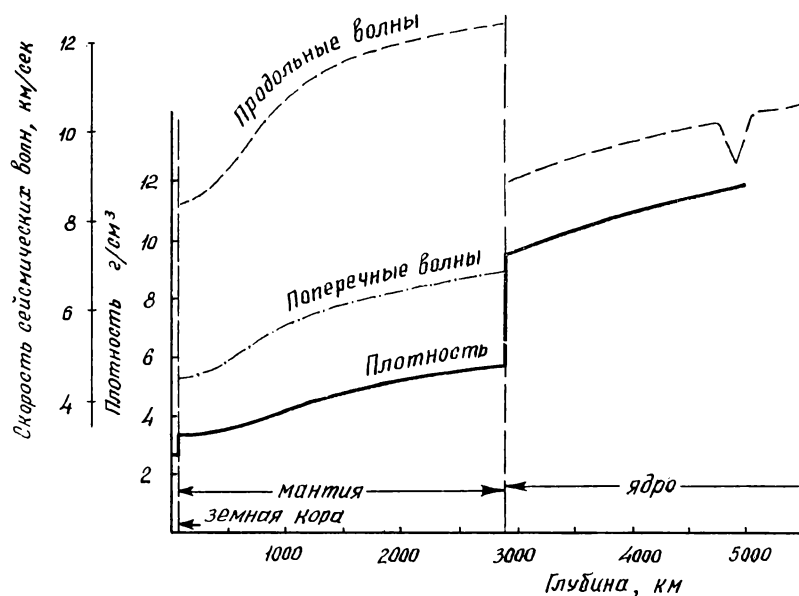
в первичном протопланетном веществе и продуктах его планетной дифференциации:

Первичное протопланетное вещество	Солнце	1,25
	Силикатная фаза метеоритов	1,25
Продукты планетной дифференциации	Базальты земной коры	4,50
	Средняя земная кора	11,80
	Лунные базальты	4,00
	Остаточное вещество мантии	0,64

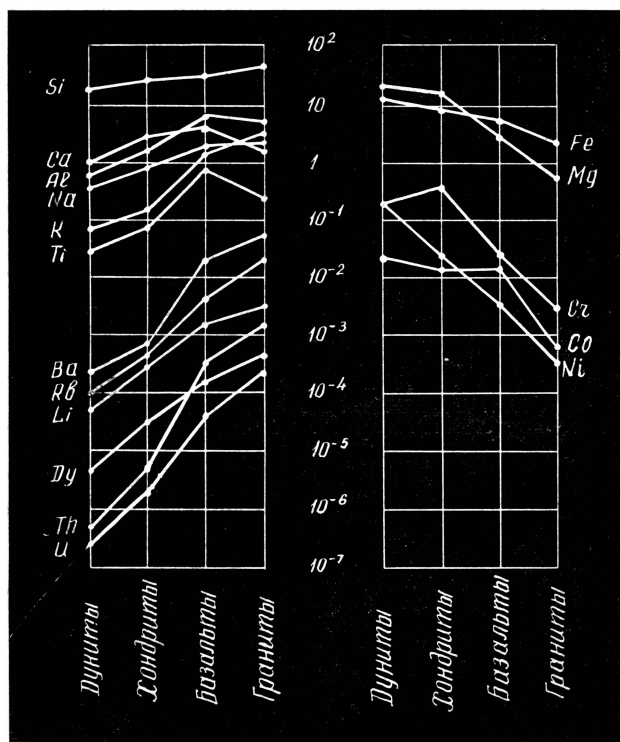
Это сопоставление позволяет прийти к заключению, что мы должны рассматривать земную кору (а также кору других планет земного типа) как продукты планетной дифференциации, разделения мантии. Тогда остаточное вещество мантии, из которой в процессе дифференциации бы-

ли вынесены элементы, концентрирующиеся в земной коре, гидросфере и атмосфере, должно быть еще более основным, чем силикатная фаза метеоритов (хондритов). Этому условию, даже в деталях, вполне отвечают ультраосновные породы. Такие соображения позволяют считать ультраосновные породы представителями вещества глубинных зон Земли и использовать значения средних содержаний элементов в них для характеристики химического состава мантии.

Если теперь мы более внимательно рассмотрим химический состав предполагаемой первичной силикатной оболочки Земли, остаточного вещества мантии и земной коры (вместе с атмосферой и гидросферой), то мы можем прийти к заключению, что главной особенностью процесса дифференциации — расслоения вещества



Распределение плотности и скорости упругих волн в Земле. С глубиной давление возрастает. В результате сжатия вещества растет его плотность; постепенный рост плотности сменяется скачкообразным ее изменением на границе Мохоровичича, а также на границе мантии — ядро, глубина 2900 км. Изменяются и скорости сейсмических волн. Они также растут с глубиной, скачкообразно изменяясь на границе земная кора — мантия, но поведение их в ядре Земли иное: поперечные волны вообще не проходят через ядро, что указывает на его жидкое состояние, а скорости продольных волн в нем ниже, чем в вышележащей мантии. Используя эти данные, геофизики подразделяют Землю на кору, мантию и ядро



Концентрация химических элементов (весовые проценты) в различных породах. В левой колонке показаны элементы, которых в породах земной коры значительно больше, чем в метеоритах, в правой — элементы, для которых характерна противоположная закономерность. Такое распределение элементов соответствует их физико-химическим свойствам: все элементы левой колонки образуют в земных условиях легкоплавкие соединения и смеси, тогда как для элементов в правой колонке устойчивы тугоплавкие силикаты и окислы

в доменной печи — предположил, что и на Земле происходило разделение на металлическую фазу (ядро), сульфидную (нижняя часть мантии) и силикатную. Последовательное затвердевание силикатной оболочки от глубин к поверхности должно было вызвать обогащение самых поверхностных частей планеты (ее коры) кремнием, щелочными металлами и многими другими элементами, т. е. привести к химической дифференциации первичной мантии.

При кристаллизации этой расплавленной оболочки раньше всего должны выделяться тугоплавкие силикаты магния и железа (минерал оливин). Вместе с ними в кристаллы оливина захватываются ионы элементов, близких по своим размерам и зарядам к ионам магния и железа, — марганца, никеля, кобальта. Другие элементы, оказывающиеся по своим свойствам не похожими на магний и железо (K, Na, Rb, Ca, Sr, Ba, Si, TR, Th), не образуют прочных тугоплавких соединений, способных кристаллизоваться вместе с оливином при высоких температурах. Они не выпадают в кристаллический осадок на ранних стадиях затвердевания и постепенно накапливаются в остаточных расплавах. Эти остаточные расплавы и формировали, по мнению В. Гольдшмидта, земную кору, а летучие соединения (вода, углекислота, соединения азота) при затвердевании выделялись в свободном виде и поступали в атмосферу и гидросферу.

В настоящее время схема Гольдшмидта неприемлема, и в проблеме происхождения Земли нужно искать объяснение фундаментальным фактам в рамках «холодных» гипотез, согласно которым планета формировалась в результате аккумуляции твердой составляющей газо-пылевого протопланетного облака. Закономерности распределения элементов по оболочкам Земли, свидетельствующие о накоплении в земной коре, гидросфере и атмосфере легкоплавких и летучих соединений и смесей, заставляют привлекать в качестве основной гипотезы представление о разогревании и вторичном плавлении вещества мантии как главном механизме планетной дифференциации.

первичной мантии — является вынос к поверхности и обогащение наружных оболочек Земли элементами, образующими в земных условиях легкоплавкие и летучие соединения и смеси. Это — кремний (Si), алюминий (Al), натрий (Na), кальций (Ca), калий (K), рубидий (Rb), барий (Ba), редкие земли (TR), уран (U), торий (Th), водяной пар (H₂O), углекислота (CO₂) и другие. В остаточном веществе мантии концентрируются тугоплавкие си-

ликаты магния и железа, а также сопутствующие им элементы.

Такое распределение элементов аналогично их известным соотношениям в магматических горных породах. Оно может быть объяснено, в главных своих чертах, законами кристаллизации силикатных расплавов. Гипотеза определяющей роли кристаллизации силикатных расплавов в глубинных разделительных процессах лежит в основе практически всех представлений о дифференциации мантии Земли.

ГИПОТЕЗА ЗОННОГО ПЛАВЛЕНИЯ

Планетарное распределение химических элементов по оболочкам Земли позволило в свое время норвежскому геохимику В. Гольдшмидту принять в качестве главного механизма дифференциации силикатного вещества планеты последовательное затвердевание «горячей» расплавленной первичной силикатной оболочки. В. Гольдшмидт — по аналогии с разделением металла, сульфида и шлака

СОДЕРЖАНИЕ ОКСИДОВ ГЛАВНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В РАЗЛИЧНЫХ ПОРОДАХ (в. %)

Оксиды	Силикатная фаза хондритов	Мантия Земли ультраосновные породы	Земная кора	
			базальты	граниты
SiO ₂	47,1	40,7	51,4	69,2
Al ₂ O ₃	3,3	0,9	16,6	14,6
FeO	12,9	12,7	11,0	3,5
MgO	29,7	43,2	7,5	0,9
CaO	2,6	1,0	9,4	2,2
Na ₂ O	1,1	0,8	2,6	3,7
K ₂ O	0,1	0,04	1,0	4,0

Одним из основных источников тепла, необходимого для разогревания первичного «холодного» вещества планеты и его плавления, может быть распад радиоактивных элементов и изотопов (U, Th, K⁴⁰), а также некоторые другие источники (короткоживущие изотопы, гравитационное сжатие и гравитационная дифференциация ядра Земли), строго оценить которые достаточно трудно. Расчеты показали, что тепла, выделившегося в результате распада радиоактивных элементов, достаточно для частичного или полного плавления вещества мантии на глубинах от 400 до 1500 км.

Опираясь на эти данные и представления, академик А. П. Виноградов предположил, что процесс дифференциации мантии аналогичен механизму зонного плавления — процессу, недавно открытому и используемому в технологии чистых веществ. В процессе зонного плавления в столбике вещества, подвергающегося очистке или дифференциации, происходит перемещение узкой расплавленной зоны. Это перемещение сопровождается плавлением новых порций вещества и последующей кристаллизацией в тыловой части зоны. Кристаллизация приводит к разделению компонентов исходной смеси в соответствии с их физико-химическими свойствами. В расплаве всегда есть «легкоплавкие» (с низкой температурой плавления) и «тугоплавкие» (с высокой температурой плавления) компоненты. Ведут они себя по-разному и характеризуются коэффициентом распределения. Коэффициент распределения — это отношение концентрации компонента в твердой фазе к его концентрации в жидкости. Для «легкоплавких» компонентов коэффициент распределения всегда меньше единицы, а для «тугоплавких» — больше.

А. П. Виноградов предположил, что подобный процесс протекает и в глубоких недрах планеты, что именно он приводит к разделению первичной мантии на «легкоплавкие» вещества, которые перемещаются вместе с расплавами, поднимающимися к поверхности планеты, формируя земную кору и «тугоплавкий» остаток, составляющий современную мантию.

Для проверки этих представлений

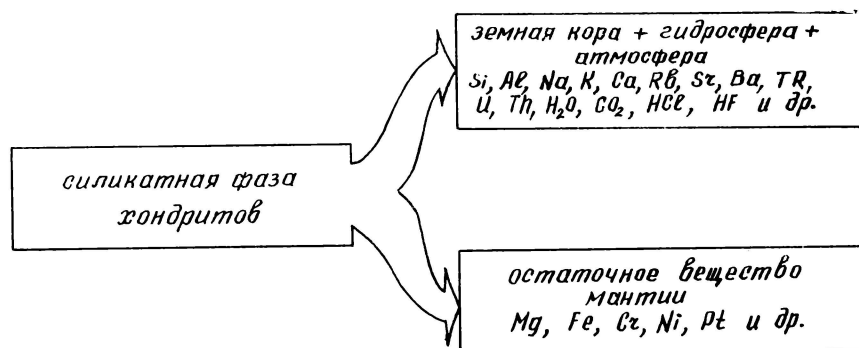
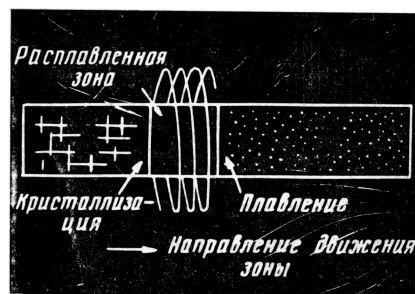


Схема химической дифференциации вещества мантии Земли

в Институте геохимии и аналитической химии имени В. И. Вернадского АН СССР были поставлены эксперименты зонного плавления силикатной фазы метеоритов. В опыте использовался образец метеорита Саратов. Порошок этого метеорита, предварительно очищенный от примеси металлического железа, засыпался в лодочку из молибденовой жести длиной 10 см. Затем лодочка вместе с веществом помещалась в кварцевую трубу с графитовым кольцом шириной 2 см, которое нагревалось до 1800—1900° в поле токов высокой частоты, создава-

емом специальным генератором. Эта часть вещества, находящаяся в пределах кольца, плавилась. Во время опыта лодочка медленно, со скоростью 5—8 мм/час, протягивалась через кольцо — нагреватель. В результате зона плавления перемещалась вдоль лодочки, захватывая последовательно новые и новые порции вещества. После прохождения расплавленной зоны лодочка возвращалась в исходное положение. Чтобы увеличить эффект разделения элементов, опыт повторялся несколько раз. После окончания опыта сплав распиливали на несколько кусочков, и каждый из них изучали под микроскопом, а затем определяли его химический состав.

Силикатная фаза метеоритов состоит, главным образом, из однородной смеси оливинов и пироксенов. Они являются основными минералами метеоритов и представляют собой соединения окислов железа, магния и кремния (с примесью небольших количеств других элементов) в различной пропорции. В результате опыта это однородное вещество разделилось. В начальной части столбика оказался в основном оливин, содержащий много магния с железом, значительно меньше — кремния, а также примесей других элементов (натрия, калия, урана, тория, титана и т. д.). В средней части был пироксеновый агрегат с редкими зернами оливина, а самая конечная часть была сложена стеклом — закаленным, переохлажденным расплавом, который выплавился из силикатной фазы метеори-



Зонное плавление. При движении нагревателя или столбика вещества через нагреватель расплавленная зона перемещается вдоль столбика. Это перемещение происходит в результате плавления на фронте движущейся зоны и кристаллизации в ее тыловой части. Тем самым последовательно все вещество столбика проходит через стадии плавления и затвердевания

та. Химическое исследование образцов показало, что действительно в этих опытах происходит разделение элементов: начальная часть столбика обогащалась «тугоплавкими» компонентами — главным образом, соединениями магния и железа с примесью никеля, хрома и некоторых других элементов, а выплавляемая жидкость — «легкоплавкими»: кремнеземом, щелочными элементами, кальцием, стронцием, барием, ураном, по составу она приближалась к базальтам.

Эти опыты подтвердили общую схему дифференциации силикатной фазы метеоритов в процессе выплавления и дегазации. Они показали, что выплавляемые (по механизму зонного плавления) в мантии расплавы должны концентрировать элементы, действительно в повышенных количествах находящиеся в земной коре. Очевидно, движение таких расплавов к поверхности должно сопровождаться накоплением и выносом летучих составляющих мантийного вещества, которые, отделяясь таким образом в результате дегазации, формируют атмосферу и гидросферу планеты*.

Можно попытаться составить баланс химических элементов в планетарном процессе дифференциации Земли и рассчитать глубины мантии, затронутой процессом выплавления, опираясь на гипотезу о разделении первичного вещества на вещество земной коры и остаточные дуниты мантии. Расчеты для каждого элемента выполняются по формуле:

$$m_{\text{мантии}} \cdot c_{\text{мантии}} = m_{\text{мантии}} \cdot c_{\text{мантии}} + m_{\text{коры}} \cdot c_{\text{коры}},$$

где $m_{\text{мантии}}$ — масса вещества мантии, участвующего в процессе дифференциации, $c_{\text{мантии}}$ — содержание данного элемента в первичном мантийном веществе (в метеоритах), $m_{\text{мантии}}$ — масса остаточного вещества, слагающего современную мантию, $c_{\text{мантии}}$ — содержание элемента в

остаточном мантийном веществе, $m_{\text{коры}}$ — масса земной коры и $c_{\text{коры}}$ — содержание элемента в земной коре. Зная массу земной коры и учитывая, что сумма масс современной коры и мантии равна массе исходной мантии, мы можем решить это уравнение и найти $m_{\text{мантии}}$ (или $m_{\text{мантии}}$). Разделив эту величину на плотность мантийного вещества и приведя все расчеты к единице поверхности Земли, рассчитываем глубину, на которую «работала» мантия для каждого элемента.

Расчет показал, что для разных элементов теоретические глубины дифференцированной мантии сильно отличаются. В общем, эти цифры достаточно хорошо коррелируют со свойствами элементов, определяющими их подвижность в процессе дифференциации: чем «труднее» элементу войти в тугоплавкие твердые фазы при зонном плавлении, т. е. чем меньше его коэффициент распределения, тем «подвижнее» он оказывается и в большей степени концентрируется в коре, обедняя мантию. Общая глубина мантии, затронутой процессом дифференциации, рассчитанная таким образом по геохимическим данным,

должна быть не меньше 1500 км. Эти оценки свидетельствуют, что ресурсы мантии как источника вещества наружных оболочек планеты еще далеко не исчерпаны, и процесс, по всей вероятности, продолжается и в настоящее время. Реальным его проявлением в пределах земной коры и на поверхности Земли надо считать поступление из недр планеты магматических и вулканических масс, формирующих островные дуги и входящих в качестве главного компонента в складчатые сооружения геосинклиналей.

Проведенные исследования и построенная на них физико-химическая теория разделения элементов в процессе зонного плавления мантии Земли позволили описать геохимические закономерности глубинного процесса. Рассмотрим теперь физический аспект проблемы.

ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗОННОГО ПЛАВЛЕНИЯ МАНТИИ

Анализ физических условий возникновения и эволюции расплавленных зон в мантии Земли был выпол-

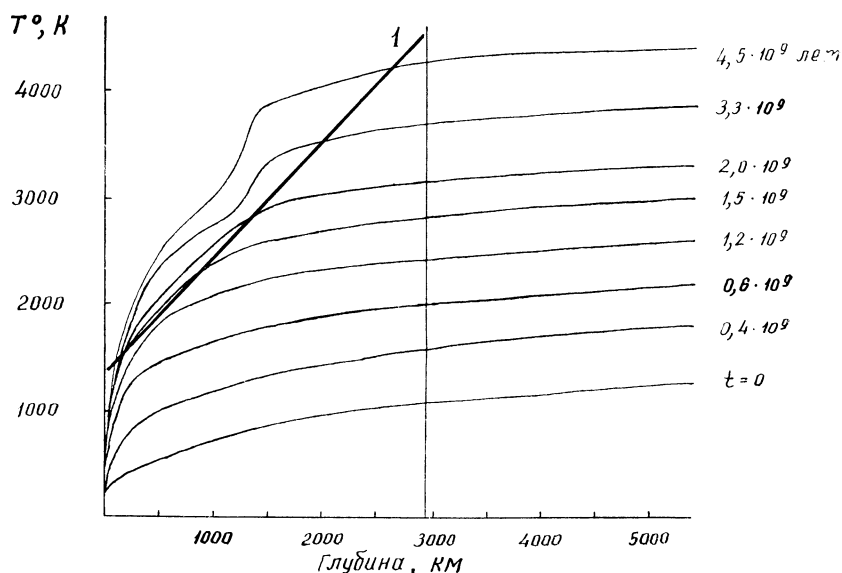


Схема разогревания Земли в течение ее геологической истории и появившиеся области плавления в мантии. Около кривых показано соответствующее время (в миллиардах лет); цифрой 1 обозначена кривая плавления мантийного вещества. Температура плавления увеличивается с глубиной по мере роста давления

* А. П. Виноградов. Как образовался океан. «Земля и Вселенная», № 6, 1966 г.

нен в работах академика А. П. Виноградова и члена-корреспондента АН СССР В. А. Магницкого. Основные особенности физической модели зонного плавления мантии можно представить следующим образом. На определенном этапе истории планеты (через 1—2 млрд. лет после ее образования — в зависимости от начальной температуры и источников внутрипланетной энергии) температура на некоторых глубинах в оболочке Земли достигла температуры плавления мантийного вещества. В результате в мантии должен был возникнуть слой или, вероятнее, отдельные протяженные области плавления. Для дальнейшей истории этих расплавленных масс крайне важно то обстоятельство, что в них нарушаются условия устойчивости и начинается интенсивное перемешивание. Это нарушение устойчивости неизбежно потому, что температура нижних слоев протяженной в гравитационном поле расплавленной массы всегда оказывается заметно больше, чем температура верхних слоев. Возникает ситуация, весьма напоминающая поведение жидкости в сосуде, подогреваемом снизу.

Перемешивание расплава приведет к интенсивному переносу тепла из нижних частей магматической массы в верхние; тогда у нижней границы расплавленной зоны вещество окажется относительно переохлажденным (там начнется кристаллизация), а в верхних частях — относительно перегретым, способным плавить перекрывающие твердые породы. В результате вся расплавленная масса будет перемещаться вверх, по механизму, аналогичному зонному плавлению.

Для того чтобы описанный процесс осуществился, важно определенное соотношение вертикального градиента температуры плавления мантийного вещества (как известно, температура плавления большинства веществ увеличивается с повышением давления) и распределения температуры в перемешивающейся массе жидкости. Как было показано еще в 20-е годы, эти соотношения для силикатов таковы, что затвердевание мантии Земли должно идти из глубины к поверхности (в соответствии с классической

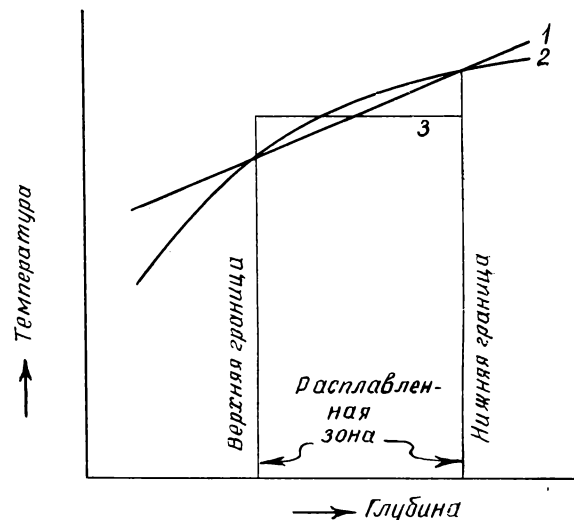


Схема распределения температуры в мантии в области плавления: 1 — температура плавления; 2 — распределение температуры в мантии и в жидком слое, если бы в нем не было перемешивания; 3 — распределение температуры в расплавленной массе с учетом ее конвективного перемешивания. При перемешивании расплава температура нижних его частей оказывается меньше температуры затвердевания — начинается кристаллизация, а температура в верхних частях больше — начинается плавление. Одновременное развитие кристаллизации на дне расплава и плавление кровли приводят к перемещению расплава вверх по механизму зонного плавления

геофизической задачей остывания расплавленной планеты). В отличие от классической задачи, когда выделяемое при кристаллизации тепло переносится жидкостью к поверхности планеты и теряется в космическом пространстве, при зонном плавлении теплота кристаллизации, протекающей на дне расплавленной массы, расходуется на подогрев и плавление более холодных твердых пород кровли.

Таким образом, исследования показывают, что в мантии Земли постоянно возникают частично или полностью расплавленные массы вещества. Эти расплавы нестабильны, они движутся вверх, к поверхности планеты, переплавляя твердые породы кровли. Откуда поступает тепло, необходимое для этого плавления? Основное его количество выделяется при кристаллизации расплава в нижних частях мантии. Общие масштабы

перемещения расплавленных масс зависят от размера первичного магматического очага, т. е. первоначального запаса тепла в магматической массе, и от температурных условий в твердых перекрывающих слоях мантии. Расчет для однородной мантии при наиболее вероятных значениях радиоактивности мантийного вещества и его тепловых свойствах показывает, что интервал глубин, на которых «работает» описанный механизм, может достигать сотен километров, а время жизни одного расплавленного очага оказывается около 200 млн. лет.

С самых общих позиций нестабильность расплавленных масс в мантии Земли и перемещение их вверх по принципу зонного плавления можно рассматривать как следствие нарушения термодинамической устойчивости однородной первичной планеты в ее гравитационном и термическом полях. Движение расплавленных масс к

поверхности оказывается, таким образом, тем процессом, который частично компенсирует возникающую неустойчивость и приводит к двум важнейшим следствиям. Во-первых, происходит химическая дифференциация вещества мантии с подъемом вверх «легкоплавких» компонентов, формирующих наружные оболочки Земли. Во-вторых, выносятся к поверхности (и теряются в космическом пространстве) «излишки» тепла в процессе плавления мантии. Зонное плавление мантии оказывается важнейшим фактором, регулирующим тепловые запасы земных недр и предохраняющим Землю от перегрева и полного плавления.

В настоящее время очевидно, что химическая дифференциация мантии, наряду с чисто механическими явлениями, определяет главные особенности глубинных процессов и, в конечном счете, эволюцию Земли, форми-

рование и геологическую историю земной коры. Однако мы еще слишком мало знаем о действительном состоянии и процессах, протекающих в глубинном веществе планеты. Поэтому любая концепция, пытающаяся как-то представить законы этих грандиозных явлений, основную свою аргументацию строит на общих физических принципах, позволяющих предположить реальность того или иного механизма, что определяет гипотетический характер всех построений.

Дальнейшее развитие гипотез зависит от успехов исследований в двух направлениях: с одной стороны, развитие физико-химической теории и экспериментов, которые должны ответить на вопрос о состоянии и свойствах вещества Земли в ее недрах (высокие и сверхвысокие температуры и давление), а также о законах распределения химических элементов в различных фазовых равновесиях в

глубинных процессах, а с другой стороны,— разработка самих гипотез и проверка их на более обширном, а желательно, и на количественном геологическом материале. Изложенные здесь представления о дифференциации мантии по механизму зонного плавления,— несомненно, одна из таких гипотез.

В рамках этих представлений, с единых позиций, можно подойти к проблеме тепловой истории Земли, физических процессов в мантии, химической ее дифференциации и формированию наружных оболочек, к сопровождающим эти глубинные процессы явлениям магматизма и эволюции земной коры. Разработка гипотезы пока не встретила фундаментальных противоречий, что вселяет уверенность в перспективность дальнейших исследований и построения на этой основе физико-химической теории глубинных процессов.



ДВИЖЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ И ЕЕ ПРИРОДА

В 1970 г. произошло оживление тектонической деятельности на известных с древнейших времен Флегрейских Полях, вблизи залива Поццуоли (Италия). Здесь находятся три античные мраморные колонны, по которым можно судить о вертикальных движениях земной коры за 2000 лет. В марте 1970 г. произошло небывалое поднятие — в отдельных пунктах до 90 см.

Исследовавший это явление сейсмолог Ицуми Екояма (Хоккайдский университет), прибывший в Поццуо-

ли в составе группы японских специалистов, указывает на примечательный факт: резкий подъем земной коры не сопровождался землетрясениями! Итальянские ученые, проводившие сейсмические наблюдения на Флегрейских Полях, также зарегистрировали лишь весьма слабые подземные толчки.

И. Екояма высказал предположение, что вертикальное движение коры было вызвано изменениями ее вязкости и эластичности. Он считает, что если верхняя часть коры вязко-

эластичная, ее движения могут развиваться по двум этапам. В ходе первого деформация должна быть пропорциональна частоте землетрясений. В ходе же второго этапа землетрясений не происходит, но тем не менее наблюдаются «вязко-эластичные» подвижки в верхней части земной коры. По мнению И. Екоямы, события на берегах залива Поццуоли — пример второго этапа.

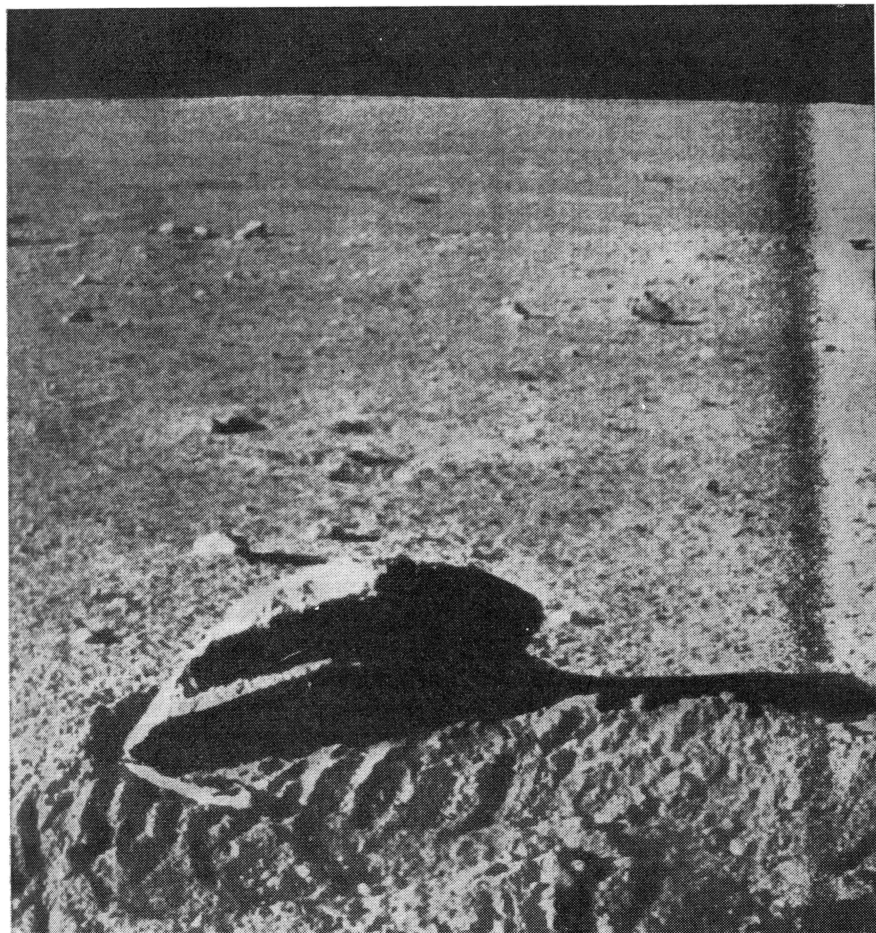
«Nature», 229, 5286, 1971.

А. А. СИЛИН
кандидат технических наук
В. В. ШВАРЕВ
кандидат технических наук

Взаимодействие лунного грунта с твердыми телами

Исследования, проведенные за последние годы советскими и американскими автоматическими лунными станциями, высадка людей на Луну,

эксперимент с луноходом и, наконец, непосредственное изучение в лабораториях образцов лунного грунта позволили узнать о его свойствах.



Лунный «камень», раздавленный колесами лунохода. «Камень» состоит из отдельных слипшихся частиц. Его размер около 50 см в поперечнике

ЧТО ИЗВЕСТНО О ЛУННОМ ГРУНТЕ?

Сейчас мы уже знаем, что лунный грунт достаточно прочен для того, чтобы выдержать космический аппарат, чтобы по нему передвигалась самоходная лаборатория и ходили люди. Вопреки опасениям многих специалистов, грунт не налипал ни на подошвы обуви космонавтов, ни на колеса лунохода. Обнаружено, что лунный грунт имеет различную плотность и прочность. Так, американские космонавты не смогли вбить флагшток глубже чем на 15 см, они натолкнулись на плотную, скальную породу. Советская автоматическая станция «Луна-16» пробурила лунную породу до глубины 35 см. Грунт под «Луноходом-1» часто продавливался и проседал, хотя статические и динамические нагрузки были весьма умеренны.

Случалось, что сравнительно большие «камни» разваливались под колесами лунохода. Но иногда луноход даже на сравнительно пологих участках буксовал. Пористый лунный реголит (поверхностный слой грунта), состоящий из слипшихся мелких частиц, при слабых нагрузках легко превращался в мелкую пыль, которая то интенсивно прилипала к скафандрам космонавтов, то забивалась в щели и зазоры узлов технических устройств. Правда, в районе посадки космического аппарата «Аполлон-14» было

пыли меньше, чем предполагалось. Космонавты отметили, что при посадке она поднялась на высоту 30—40 м, но не мешала визуальным наблюдениям и в дальнейшем не препятствовала передвижению по поверхности Луны, хотя и раздражала космонавтов, прилипая к скафандрам.

ТВЕРДОЕ ТЕЛО И ЛУННЫЙ ГРУНТ

Чтобы оценить взаимодействие твердого тела и грунта, необходимо знать ряд параметров, характеризующих в основном прочность и трение. К первой группе параметров относятся способность грунта выдерживать статические и динамические нагрузки, а также его подверженность деформированию и уплотнению при механическом воздействии. Вторая группа может быть охарактеризована коэффициентами трения в движении и во время перехода от состояния покоя к состоянию движения, которые определяются при контакте грунта с различными телами.

Контакт с лунным грунтом происходит в вакууме, при резко ослабленной силе тяжести, т. е. при полном отсутствии таких важных и обычных для земных условий факторов, как окисление и воздействие паров влаги.

Уменьшенное притяжение означает, что давление на грунт, возникающее при хождении и езде по поверхности Луны, а также необходимое для торможения, в лунных условиях существенно ослаблено. Величины давления линейно зависят от веса движущегося тела, который на Луне примерно в 6 раз меньше земного.

Указанное обстоятельство должно вызвать при хождении на Луне хорошо знакомое всем лыжникам явление «отдачи», когда из-за неправильно подобранной смазки и малого трения толчок сопровождается проскальзыванием лыжи назад. Сцепление колесных и гусеничных шасси с лунным грунтом резко ослаблено. Возможны пробуксовки, поэтому путь торможения значительно увеличивается.

С другой стороны, соприкосновение твердых тел в сверхвысоком вакууме может вызвать их слипание

(адгезию). Интенсивная адгезия тел при контакте в высоком вакууме сопровождается переносом материала с одного тела на другое при их отрыве или взаимном трении. Подобное интенсивное схватывание происходит не только у одноименных материалов, но и у резко отличающихся своими физико-механическими и химическими свойствами (например, у металлов и горных пород в сверхвысоком вакууме). Легко представить, какие опасные последствия может вызвать налипание лунного грунта и пыли на узлы космической техники и одежду космонавтов.

Но было бы неправильным считать, что катастрофическое схватывание в лунных условиях должно происходить обязательно. Ведь адгезия — весьма тонкое, идущее на молекулярном уровне физическое явление, зависящее от многих причин. Несколько лет проводились эксперименты по изучению взаимодействия аналогов лунного грунта с твердыми телами в условиях, имитирующих лунные, но однозначных результатов получено не было. Например, в отдельных случаях коэффициент трения металлов по грунту в вакууме увеличивался, в других, напротив, уменьшался. Поэтому пробу лунного грунта, доставленную автоматической станцией «Луна-16», использовали для первых прямых экспериментов по определению характеристик взаимодействия грунта с твердыми телами.

ЛУННЫЙ ГРУНТ ИЗУЧАЮТ НА ЗЕМЛЕ

Исследование лунного грунта (и его аналогов) в условиях, приближенных к реальным, проводили в лаборатории на специальной установке TOP-1.

Для изучения взаимодействия тел с тонким слоем частиц мелкодисперсного грунта была разработана новая методика. Корректность выбранной методики подтвердилась серией контрольных опытов с земными горными породами. Коэффициенты трения различных материалов по лунному грунту изменялись от 0,25 (сталь) до 0,4—0,5 (кожа и резина).

Изучались также абразивные свойства лунного грунта (т. е. его способность изнашивать или, точнее, истирать другие тела). Эти свойства определялись потерями в весе металлического (дюралюминиевого) образца, трущегося по грунту в течение пяти минут при нагрузке 500 Г и скорости скольжения 10 см/сек.

Абразивные свойства лунного грунта, дробленого базальта и андезито-базальтового вулканического песка оказались приблизительно одинаковыми. Так, износ образца лунного грунта составлял 3,7 мГ, образца дробленого базальта 4,0 мГ и андезито-базальтового вулканического песка 4,1 мГ (при первоначальном весе образца, соответственно, 0,8324, 0,8194 и 0,8107 Г).

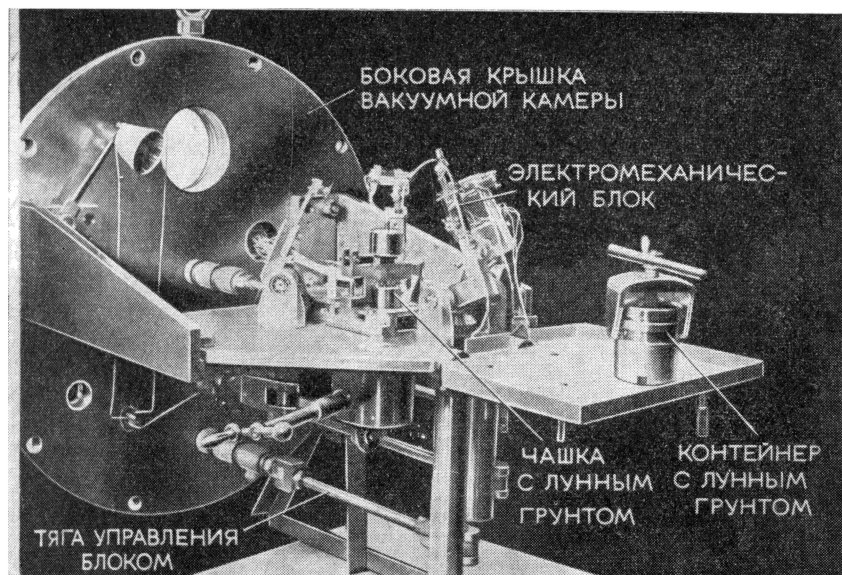
Известно, что абразивная способность порошка во многом зависит от микротвердости частиц. Поэтому дополнительно были проведены измерения микротвердости частиц лунного грунта и его аналогов (дробленого базальта и андезито-базальтового вулканического песка).

Микротвердость лунного грунта составила 800 кг/мм², дробленого базальта также 800 кг/мм² и андезито-базальтового вулканического песка 710 кг/мм².

Микротвердость лунного грунта и абразивность частиц, измеренные прямыми методами, оказались примерно такими же, как у размельченного базальта, и примерно в 7,5 раза меньше, чем у кварцевого песка. Стало быть, в условиях Луны не существует какой-либо особой опасности абразивного изнашивания инструментов и механизмов, длительно взаимодействующих с грунтом.

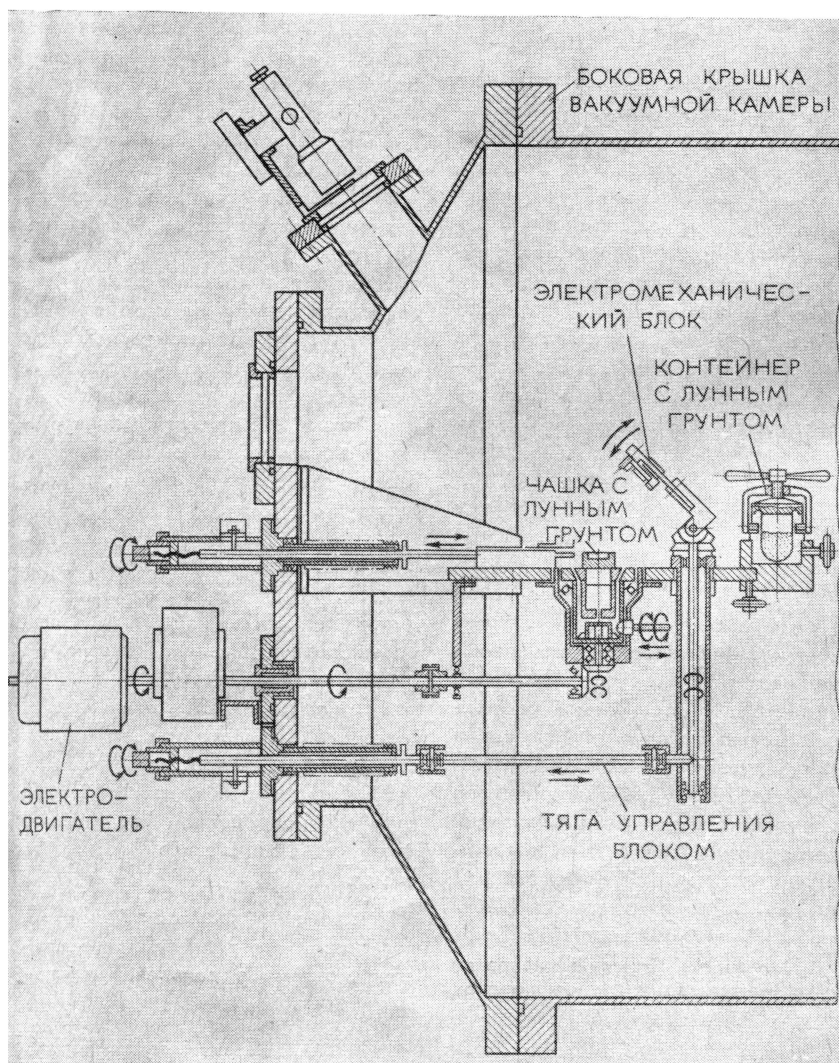
Эксперименты позволили установить также, что исследованный тип лунного грунта обладает ограниченной несущей способностью. Он сильно проседает даже под статической нагрузкой.

Космонавты, выходящие на поверхность Луны, должны использовать обувь с рифленой подошвой или шипами. При конструировании лунного транспорта, видимо, придется прибегать к аналогичным средствам. Американский космонавт Н. Армстронг считает, что на поверхности Луны эф-



◀ Установка TOP-1, на которой изучались физико-механические свойства лунного грунта. Электромеханические блоки подвергают образец сжатию, сдвигу, срезу, а также испытанию на износ и трение. Плита с блоками помещается в вакуумную камеру, снабженную системой откачки, шлюзовым устройством с перчаткой для работы внутри камеры и устройством для заполнения гелием

◀ Схема установки TOP-1



эффективно передвижение прыжками*, а оно требует более сильного толчка, чем при обычном хождении. Слабая несущая способность реголита и его высокая вязкость позволяют заключить, что передвижение прыжками по лунному грунту затруднено: ослабевает толчок из-за существенного демпфирующего действия грунта. Возможно, что именно этой причиной объясняется отмеченная выше сильная усталость американских космонавтов, пытавшихся достичь кратера Коун.

Но не нужно забывать о другом, значительно более коварном и сравнительно редком в земных условиях типе изнашивания — адгезионном.

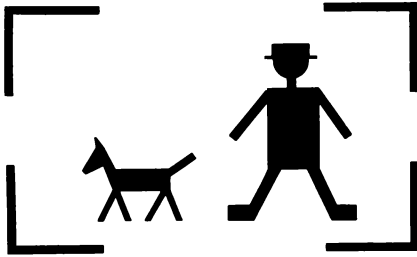
Экспериментальное исследование лунного грунта в естественных и земных условиях только начинается, и трудно предугадать, к каким сюрпризам и неожиданностям приведет оно ученых даже в самое ближайшее время.

* Н. Армстронг. Исследование лунной поверхности. «Земля и Вселенная», № 5, 1970 г., стр. 30—36.

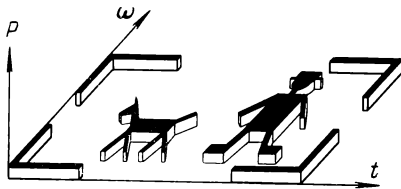
Ю. П. КУЗНЕЦОВ

Сигналы внеземных цивилизаций — какими они могут быть?

При современном состоянии космической техники для установления контактов с другими цивилизациями у землян есть только один путь — передача и прием сигналов.



Изображение, которое надо передать
(сообщение)



То же изображение, преобразованное в электромагнитный сигнал. Геометрические координаты предыдущего изображения заменились на параметры сигнала — время и частоту. Вертикальной координате исходного изображения соответствует область частот сигнала (спектр), горизонтальной координате — текущее время; яркость исходного рисунка — мощность сигнала. Структура изображения сохранилась

ЧТО ИСКАТЬ?

Какие сообщения могут посылать обитатели разных миров? Какими сигналами целесообразно передавать эти сообщения? Условимся называть сообщением смысловую информацию, подлежащую передаче, сигналом — сообщение, преобразованное в удобную для передачи форму, а изменение параметров электромагнитного излучения, соответствующее величине передаваемого сигнала, — модуляцией. Мы хотим получать и передавать сообщения, но принимать и излучать можно только сигналы.

Попытаемся подойти к вопросу формирования сигнала с точки зрения цивилизации, которая его посылает. Ведь именно она решает, какой вид сигнала следует послать. Общую концепцию формирования сигнала хорошо выразил С. Хорнер: «...природа сигналов будет полностью определяться целью, которой они служат, и наиболее экономичным путем достижения этой цели»*. Предполагается, что сигналы внеземных цивилизаций целесообразно передавать и, соответ-

ственно, принимать в радиодиапазоне на частотах от 100 до 10 000 Мгц, наиболее экономичном для межзвездных связей. В этом диапазоне флуктуационные помехи, ограничивающие чувствительность приемных устройств, малы и вероятность правильного приема сигналов возрастает. Сообщения, предназначенные другим цивилизациям, могут посылаться с разными целями: для передачи информации определенному корреспонденту, с которым поддерживается двусторонняя связь (постоянная линия), и для передачи «всем, кто примет». Если проводится всенаправленная передача, то может передаваться сигнал, преследующий обе цели.

На постоянной линии связи корреспондент и адресат знают метод кодирования сообщений. Система кодирования будет зависеть в основном от технических условий передачи. Такой сигнал перехватить очень трудно. Передача «всем, кто примет» кодируется наиболее простым способом, чтобы неизвестный адресат без затруднений определил искусственное происхождение сигнала и понял его смысл.

При поиске в космосе прием сигналов последнего типа наиболее вероятен, поэтому в дальнейшем будем иметь в виду именно их.

* С. Хорнер. Поиски сигналов от других цивилизаций. «Межзвездная связь», «Мир», 1965 г., стр. 278—295.

ТРЕБОВАНИЯ К СИГНАЛАМ

Необходимо, чтобы сигналы, предназначенные для установления связи и передачи информации между цивилизациями, легко обнаруживались, сообщение легко расшифровывалось, а его смысл можно было бы понять, не зная способа кодирования. Более того, сигналы, по-видимому, должны обнаруживаться даже в том случае, если они приняты случайно (можно предположить, что разумные существа, подобно людям, будут исследовать космос и наблюдать космические источники излучения естественного происхождения).

«Практическая задача,— говорит академик В. А. Амбарцумян,— состоит в том, чтобы, находясь в колыбельном возрасте, найти наиболее разумные решения, а также язык для связи с внеземными цивилизациями, находящимися на гораздо более высоком уровне»*. Вид и объем передаваемой информации при первых попытках связи с цивилизациями определится в основном энергетическими возможностями общества, которое передает сообщение.

Скорее всего, будет посылаться малоинформативный сигнал, так как он не требует большой энергии при передаче. Основная задача подобной связи — контакт и обмен наиболее важной информацией. Сигналы такого типа можно ожидать с ближайших звезд нашей Галактики.

Конечно, наиболее вероятен прием сигналов от цивилизации с высоким технологическим уровнем развития. Поэтому к нам может прийти сигнал большой мощности, ведь энергетика и экономика уже перестанут быть определяющими в процессе формирования сигнала. Доминирующими могут стать суждения, связанные с вероятностью обнаружения сигнала при поиске и его расшифровке. Сигналы, посылаемые цивилизацией, овладевшей энергией излучения звезд или галактик, могут нести большую инфор-

мацию. Ожидаемая ширина спектра сигнала 10^5 — 10^{10} гц*.

Сигнал для связей между цивилизациями (если неизвестны его исходные параметры и метод кодирования) должен хорошо обнаруживаться при поиске и сравнительно просто расшифровываться. Задача не из легких. Вспомним об искажениях сигнала во время прохождения через неоднородные слои межзвездной плазмы, об искажениях, вызванных шумовыми помехами. Можно представить себе такой неблагоприятный случай, когда сообщение принято не с начала передачи. Сложные условия обмена информацией заставляют выбирать наименее искажаемую структуру сообщений и наименее искажаемые сигналы для их передачи. Частота сигнала, его поляризация, направление прихода и время передачи не известны. Поэтому сигнал надо искать по всем этим параметрам.

Корреспондент может облегчить принимающей стороне операцию поиска, если он будет передавать сигнал в большей части того пространства поиска, где целесообразно искать сигнал (параметры, по которым производится поиск, аналогично геометрическим пространственным координатам можно назвать координатами поиска, образующими пространство поиска).

В зависимости от уровня и путей развития техники передачи вид сигнала может варьироваться. При конкретной реализации сигнала появляются второстепенные параметры, обусловленные особенностями генерирования колебания и управлением процессом излучения. Чтобы передать информацию, можно применить искусственное возбуждение (или, наоборот, подавление) излучения природного источника. Вполне возможно использование для межзвездных связей очень широкополосного сигнала с малой информативностью.

* Н. С. Кардашев. Передача информации внеземными цивилизациями. «Внеземные цивилизации». Труды совещания, Бюракан, 20—23 мая 1964 г. Изд-во АН АрмССР, 1965 г., стр. 37—53.

СООБЩЕНИЕ — ЧТО ПЕРЕДАЕТСЯ

Структура сообщения существенно сказывается на степени сложности расшифровки и понимания заложенного в нем смысла. В настоящее время наиболее пригодными для межзвездной связи считаются в основном сообщения двух типов: сообщения на одном из земных языков (или на языке «линкос»*, который предложил известный голландский математик Г. Фрейденталь) и сообщения типа пространственных изображений.

«Линкос» (лингвистика космоса) — чисто логический смысловой язык, элементы которого представляют понятия, обозначаемые определенными символами или последовательностью символов. Предполагается, что адресат заранее не знает, что и каким образом ему будут передавать. Необходимо «начальное обучение». Посылая определенное число символов, можно сформировать у адресата понятие «больше», «меньше», «равно», «сложить», «истинно», «ложно» и т. д. Вот, например, как можно ввести понятие «равно». Мы посылаем какое-либо число элементарных символов. Затем символ, которым обозначаем понятие «равно». Потом снова — то же самое число символов. Далее операция повторяется с небольшим изменением: передается подобная же последовательность, но с другим числом элементарных символов. И так несколько раз. При анализе такого сигнала получатель сможет приписать нашему символу, обозначающему понятие равно, конкретное смысловое содержание. Постепенно, по мере усвоения материала, вводятся более сложные и даже весьма абстрактные понятия. Чтобы закодировать сообщение на языке «линкос», достаточно одного параметра, который изменяется в функции времени (одномерное сообщение), а для его передачи можно использовать простейший тип сигнала, например телеграфные посылки.

Достоинство «линкоса» — простота построения, легкость декодировки сигнала, возможность понимания сложной информации. Известным не-

* И. С. Шкловский. Вселенная, жизнь, разум. «Наука», 1965 г.

* В. А. Амбарцумян. «Внеземные цивилизации». Труды совещания, Бюракан, 20—23 мая 1964 г. Изд-во АН АрмССР, 1965 г., стр. 7—11.

достатком можно считать длительный процесс обучения, сильные искажения при потерях сигнала и помехах, необходимость догадки при вводе более сложных понятий.

С точки зрения расшифровки сигнала и понимания сообщения пространственное сообщение, по существу, — многомерное сообщение, развернутое по пространственным координатам и времени (как в телевидении). Такое сообщение обладает наглядностью восприятия, большими внутренними связями отдельных элементов изображения и, как следствие, значительным запасом различения при помехах приема. Поэтому увеличивается помехоустойчивость при передаче и облегчается расшифровка. Корреспонденты, способные анализировать пространственную картину окружающего мира, сумеют взаимно увязать элементы изображения и понять его смысл. Так, люди, говорящие на разных языках и вынужденные переговариваться без переводчика, стараются наладить взаимопонимание посредством изображений — рисунков, выражающих их мысли.

Большинство исследователей специально отмечают, что визуальные изображения помогут установить контакт между цивилизациями. Но для передачи визуального сообщения обычно предполагается (по аналогии с телевидением) способ развертки многомерного изображения по строкам и кадрам в одномерный сигнал, которым и модулируют затем электромагнитное излучение. Такой сигнал необходимо принимать в течение длительного времени, чтобы можно было понять метод кодирования.

Если передавать визуальное изображение корреспонденту, не знающему метода кодирования, лучше выбрать наиболее простой метод преобразования сообщения, согласовав структуру сигнала со структурой сообщений (в телевидении структура сигнала отличается от структуры сообщения: многомерное сообщение передается одномерным сигналом). Можно, например, применять развертку изображения по естественным координатам — параметрам сигнала, объективно существующим как в месте передачи, так и в месте приема.

Многомерная развертка по параметрам сигнала значительно проще расшифровывается, чем обычная развертка изображения в телевизионный видеосигнал. Применение метода развертки изображения по частоте сигнала дает еще одно преимущество — общая мощность сигнала получается распределенной между различными частотами, а это удобно для разделения сигнала при его создании.

НАДО ИСКАТЬ

Мы предполагаем гуманистический характер контактов между цивилизациями, стоящими на разных уровнях развития, даже при существенных различиях в условиях их существования.

К сожалению, пока еще не известно, какие сигналы применяются для связей между цивилизациями. Проводившиеся прослушивания космоса со специальной целью поиска сигналов искусственного происхождения от ближайших звезд в 1960 г. в США и в 1969 г. в СССР не дали положительных результатов. Но было бы неразумно делать из этого пессимистический вывод об отсутствии внеземных цивилизаций; ведь наблюдения проводились короткое время и охватывали незначительный объем пространства поиска. В дальнейшем предполагается продолжить эти поисковые работы, применяя более чувствительную аппаратуру.

У нетерпеливого читателя уже готов, вероятно, «последний» вопрос: «А если не найдем? Стоит ли искать?» Можно, конечно, не искать и, согласившись с утверждениями об уникальности жизни на Земле и бесконечно малой вероятности появления ее где-либо еще во Вселенной, жить спокойно.

Но человечество всегда стремилось решить возникающие перед ним задачи. Раньше проблемой было слышать и видеть на расстоянии, летать на ковре-самолете. Сейчас мечтают услышать приветствие разумных существ из космоса. Не искавши, найти нельзя. При научной постановке вопроса «...какие-либо серьезные выводы можно будет делать только после того, как будет проведена достаточно полная программа поиска сигналов

других цивилизаций. Именно поэтому мы считаем, что такой поиск совершенно необходим»*.

Можно предполагать, что первые попытки установить связь с разумными существами будут сделаны в радиодиапазоне, так как здесь меньше уровень космических шумов. По мере развития техники излучения и приема сигналов в других диапазонах для сообщения между цивилизациями можно использовать и другие диапазоны электромагнитных излучений. Но более высокая ступень развития включает в себя в какой-то мере предшествующие этапы. По-видимому, радиодиапазон как канал передачи сигналов сохранится даже при использовании других излучений в качестве основного средства общения цивилизаций.

НУЖНА АППАРАТУРА

При создании радиоастрономической аппаратуры и проведении радиоастрономических исследований следует учитывать возможность приема сигналов внеземных цивилизаций и создавать необходимые устройства для выделения и обработки этих сигналов.

Иногда высказывается мнение, что сигналы внеземных цивилизаций, если таковые появятся, можно обнаружить уже имеющимися радиоастрономическими системами. С этим трудно согласиться, так как любой прибор рассчитывается для приема определенного вида сигнала и для анализа определенных его параметров. Существующая аппаратура способна одновременно определять лишь весьма ограниченное число параметров радиоизлучения. Уместно вспомнить, что пульсары были случайно обнаружены в августе 1967 г. только после того, как начались исследования мерцания радиоизлучения точечных источников. Неоднородность среды, в которой распространяется сигнал, порождает «мерцание» точечных источников ра-

* С. А. Каплан. Экзосоциология — поиски сигналов внеземных цивилизаций. «Внеземные цивилизации (Проблемы межзвездной связи)», «Наука», 1969 г., стр. 7—24.

диоизлучения, аналогичное мерцанию видимых звезд. Поэтому точечные радиоисточники необходимо наблюдать на радиотелескопах с малой постоянной времени. Ранее на радиотелескопах использовались приемни-

ки с большим временем осреднения, что повышало их чувствительность, но снижало разрешающую способность. Естественно, многие сигналы вообще не могли быть обнаружены.

Для поиска сигналов внеземных ци-

визаций необходима аппаратура, способная определять все существенные параметры сигнала одновременно и анализировать их. Она будет с успехом применяться и для обычных радиоастрономических работ.

СЕМИНАРУ — ЧЕТВЕРТЬ ВЕКА

Отдел эволюции Земли, как и Институт физики Земли АН СССР, в котором он находится, неразрывно связан с именем академика О. Ю. Шмидта (1891—1956). Широко одаренный, отличавшийся разносторонностью научных интересов О. Ю. Шмидт начал в 1943 г. разработку теории происхождения Солнечной системы. Первые публикации его исследований появились в 1944—1945 гг. В эти же годы был создан отдел эволюции Земли, первыми сотрудниками которого стали Г. Ф. Хильми, С. В. Козловская, Б. Ю. Левин. Отделом эволюции Земли О. Ю. Шмидт руководил до конца своей жизни.

О. Ю. Шмидт всегда стремился подвигнуть широкому обсуждению свои космогонические идеи, привлечь к своим исследованиям критическое внимание, понимая, что «перекрестный огонь» критики помогает выявить слабые места и в результате укрепляет теорию. В 1946 г. был организован семинар отдела эволюции Земли. Его первые заседания были посвящены подробному критическому разбору космогонических публикаций О. Ю. Шмидта. Потом на семинаре докладывались и дискутировались все подготовляемые к печати научные материалы, иногда еще в предварительном «рабочем» изложении. Пока отдел был немногочислен, заседания происходили на квартире О. Ю. Шмидта, а в летнее время — на его даче, под Звенигородом, в непринужденной обстановке, причем случалось, что работа семинара продолжалась целый день.

По мере роста отдела эволюции Земли расширялся состав слушателей и докладчиков семинара, привлекались другие сотрудники института и сотрудники других научных учреждений. Доклаживались оригинальные исследования и ставились

обзорные доклады специалистов. Тематика семинара весьма обширная. О. Ю. Шмидт методологически правильно определил проблему происхождения Земли как комплексную, лежащую на стыке многих наук. Очень ценны дискуссии по докладам, носящие характер делового сотрудничества. Были случаи, когда после обсуждения на семинаре той или иной работы ее автор убеждался в недостаточной обоснованности своих выводов.

За 25 лет деятельности семинара отдела эволюции Земли состоялось 326 заседаний (общее число участников около 4500 человек), на которых заслушано 390 докладов, в том числе

18 докладов О. Ю. Шмидта, около 90 докладов сделаны «гостями» — сотрудниками других научных учреждений и 10 докладов — иностранными учеными: Мак-Крием (Англия), Ф. Хойлом (Англия), Э. Шацманом (Франция), Х. Альвен (Швеция), Н. Нессом (США). С докладами на семинаре выступали известные советские ученые — Л. И. Седов, М. С. Молоденский, В. В. Белоусов, А. И. Тугаринов, П. Н. Кропоткин, В. Е. Хаин, Д. А. Франк-Каменецкий, А. А. Абрикосов, А. К. Лаврухина.

С. В. КОЗЛОВСКАЯ
кандидат физико-математических наук



После одного из заседаний, на котором обсуждалась космогоническая теория О. Ю. Шмидта. Сидят (слева направо): Б. А. Воронцов-Вельяминов, О. Ю. Шмидт, С. В. Орлов. Стоят: П. П. Паренаго, Г. Ф. Хильми, Б. Ю. Левин, С. В. Козловская (1948 г.)

А. И. ЕРЕМЕЕВА
кандидат физико-математических наук

Кеплер и естествознание

К 400-летию со дня рождения

К концу XVII в. завершилась грандиозная научная революция — ломка старой и создание новой системы представлений об окружающем мире. Ее начал Коперник с утверждения и обоснования гелиоцентризма и закончил Ньютон созданием классической механики и гравитационной космологии. В фундамент последней вошли три закона планетных движений, открытые в начале того же века Иоганном Кеплером. Научный вклад Кеплера этим далеко не исчерпывается*. Но в истории открытия и дальнейшей судьбе трех его законов наиболее четко проявилось то новое, что он внес в развитие естествознания и что изменило в первую очередь облик астрономии. Поиски точных законов гелиоцентрического планетного мира стали главным делом его жизни. В ходе этой колоссальной работы проявились не только гениальность Кеплера как астронома и математика, но и смелость мысли, свобода духа, благодаря которым он сумел преодолеть тысячелетние космологические традиции и вместе с тем возродить и поставить на службу науке известные с древности, но по существу забытые натурфилософские принципы, раскрыв их глубокое истинное содержание.

* А. М. Микиша, Иоганн Кеплер. «Земля и Вселенная», № 6, 1971 г. (Прим. ред.)

КЕПЛЕР В ИСТОРИИ НАУКИ

Уже современники Кеплера убедились в точности открытых им законов. Но они считали их удачной эмпирической находкой, «правилами», полученными без каких-либо предположений и обоснований, путем подбора величин. Спустя несколько десятилетий Ньютон раскрыл истинный физический смысл и универсальность «правил Кеплера», показав, что они описывают движение в системе любых двух достаточно удаленных друг от друга гравитирующих тел (невозмущенное кеплерово движение). Открытия в звездной Вселенной подтвердили это. Правила Кеплера были признаны законами, но их вывод продолжали считать чисто эмпирическим.

Творчество Кеплера как бы делили на две части, не только не связанные между собой, но лишь каким-то чудом не мешавшие одна другой, поскольку они соседствовали в его сочинениях. Речь идет о соседстве законов, выведенных из точных наблюдений, и философских, даже, казалось, мистических рассуждений, связанных с идеей «мировой гармонии» и поисками простых числовых отношений в мире. Общие идеи, составляющие большую часть сочинений Кеплера «Новая, изыскивающая причины астрономия, или физика неба» (1609 г.) и «Гармония мира» (1619 г.), где изложены его законы, рассматривались как неизбежная дань эпохе, не имевшая отношения к научным от-

крытиям Кеплера. В свое время знаменитый Галилей, с которым Кеплер вел дружескую переписку, с улыбкой отнесся к общеполитической направленности его поисков универсальных количественных закономерностей. Галилей считал это простым воскрешением древней пифагорейской идеи о роли числа во Вселенной, несовместимым с новым экспериментальным естествознанием, за которое он боролся. Поэтому Галилей не обратил внимания на кеплеровы законы (а возможно, и не ознакомился с ними, хотя Кеплер и послал ему сочинение 1609 года). Почти через три века Кеплер подвергся обвинениям как раз в обратном. Так, выдающийся русский физик Н. А. Умов считал, что Кеплеру (наряду с Коперником, Тихо Браге, Галилеем) недоставало руководящих идей, «которые связывали бы и концентрировали факты, направляли исследования и досказывали то, что оставалось еще скрытым»*. В наши дни Д. Пои́а отметил «странность» вопросов, которые Кеплер задавал природе — о причине числа планет или их распределения в Солнечной системе**.

* Н. А. Умов. Значение Декарта в истории физических наук. Собр. соч. т. III, 1916 г., стр. 101.

** Д. Пои́а. Математика и правдоподобные рассуждения. ИЛ, М., 1957 г., стр. 228—230.



Иоганн Кеплер 27.XII.1571 — 15.XI.1630

Но так ли уж странны вопросы Кеплера? В XVIII в. интерес к подобным проблемам привел к созданию основ научной космогонии (Кант, Ламберт, Лаплас). Вопрос о законе и причине распределения планет по их расстояниям от Солнца, занимавший астрономов и позднее (Тициус, Боде), не только натолкнул самого Кеплера на мысль о недостающих элементах системы (между Марсом и Юпитером, Венерой и Меркурием), но с течением времени приобрел глубокий физический смысл как вопрос об условиях и зонах устойчивого движения в системе тел. Наконец, именно многолетние поиски числовой гармонии завершились открытием третьего закона планетных движений. Что же касается отмеченного Н. А. Умовым недостатка общих направляющих идей у Кеплера, то дело здесь, видимо, в том, что Н. А. Умов, как некогда Галилей, был введен в заблуждение формой изложения и не увидел нового философского и методологического подхода к изучению природы — того, что направляло поиск Кеплера и в значительной степени обеспечило его успех. Эту сторону творчества Иоганна Кеплера одним из немногих оценил А. Эйнштейн. Сейчас, как показал Международный Кеплеровский симпозиум в Ленинграде, она все более привлекает внимание историков науки.

ПРОТИВ «ОДЕРЖИМОСТИ ОКРУГЛЕННОСТИ...»

Еще в VI—IV вв. до н. э. древнегреческие философы сформулировали космологические принципы устройства Вселенной, утверждавшие, что небесные тела движутся по окружностям, равномерно, не испытывая действия материальных сил, — так называемым «естественным» движением. Эти представления появились в результате наблюдений характерной для небесных явлений цикличности. На возможность описания сложного движения планет путем разложения его на простые геометрические элементы впервые указал Платон (V в. до н. э.). Идею «естественного» движения небесных тел по окружностям вокруг центра Вселенной ввел Ари-

стотель (IV в. до н. э.), создавший первую физическую картину мира, согласно которой в сферической замкнутой Вселенной поведение тел определялось свойствами самого пространства.

Однако к XVI—XVII вв. эти идеи утратили свои первоначальные качества гениальных методологических принципов и глубоких, хотя и преждевременных догадок о свойствах пространства. В плоть и кровь вошли представления о том, что круговое равномерное и «естественное» движение — единственно допустимое реальное движение небесных тел. Причиной его считалась «божественная воля». Даже Коперник и Галилей остались во власти убеждения в неизблемости древних космологических принципов. (Но в отличие от Коперника, допускавшего «божественную волю», Галилей утверждал, что планеты движутся по инерции, считая инерционное движение круговым.)

Против этой всеобщей «одержимости округленностью»* и других принципов древней космологии выступил Кеплер. Он также начал с испытаний круговых орбит, но эти поиски завершились знаменательным выводом: «Мое первое заблуждение было то, что орбита планеты есть совершенный круг, — вредное мнение, которое тем больше отняло у меня времени, что оно поддерживалось авторитетом всех философов и как очевидное было приятно метафизикам». После пяти лет трудоемкой математической обработки огромного материала наблюдений Тихо Браге за движением Марса, решая возникающие дополнительные задачи (вроде улучшения теории атмосферной рефракции, 1604 г.), отыскивая новые надежные и порой гениально простые способы решения проблемы**, Кеплер к 1605 г. открыл и в 1609 г. опубликовал первые два закона планетных движений (сначала для Марса, затем

распространил их на другие планеты и спутники). Один из них утверждал эллиптическую форму орбит и тем разрушал принцип круговых движений в Космосе. Другой показывал характер изменения скорости при движении планеты по орбите (закон площадей), в связи с чем рухнул принцип равномерности небесных движений. Кеплер ввел затем пять параметров (элементов), определяющих гелиоцентрическую орбиту планеты, и нашел уравнение для вычисления положения планеты на орбите в любой заданный момент времени, тем самым сделав открытия им законы рабочим инструментом для наблюдателей. Новая астрономия, нацеленная на изучение реальных движений небесных тел, вступала в жизнь как астрономия Кеплера, наполняясь такими понятиями, как «кеплеровы элементы», «кеплерово невозмущенное движение», «уравнение Кеплера», «законы Кеплера».

ОТ НЕБЕСНОЙ ГЕОМЕТРИИ К НЕБЕСНОЙ ФИЗИКЕ

До Кеплера планетная космология, опиравшаяся на принцип «естественности» движений небесных тел, была кинематической. Правда, в аристотелевой картине мира «естественность» небесных движений имела физическое основание и объяснялась свойствами пространства. Оно представлялось не пустотой, а огромным вихрем небесной эфирной материи: центр его и был центром мира. Однако в дальнейшем геометрический способ более точного описания планетных движений с помощью системы окружностей (эксцентриков, эпициклов), развивавшийся в течение пяти веков и достигший совершенства в системе мира Птолемея (II в. н. э.), сделал планетные теории несовместимыми с физикой Аристотеля. Введение эпициклов нарушило принцип единственности центра вращения во Вселенной. Использование эксцентрика (Земля помещалась вне центра круговой орбиты) противоречило требованию равномерности кругового движения планеты именно вокруг центра мира, где вследствие законов аристотелевой физики и должна была находиться

* Слова известного историка науки А. Койре. У истоков классической науки. Сб. статей. «Наука», М., 1968 г., стр. 27.

** Например, метод космической триангуляции для определения точной орбиты Земли, а затем Марса.

ся Земля. Преследуя одну цель — предвычисление видимых положений светил, т. е. направлений на них, авторы планетных теорий, в том числе Птолемей, ограничивались разработкой кинематико-геометрических моделей мира, не пытаясь определить его действительное устройство. Существенный шаг к этому сделал Коперник, выдвинув ряд физических доводов в защиту возрожденных им принципов гелиоцентризма и подвижности Земли. Но схема орбитальных движений планет осталась у него старой, кинематической.

И только Кеплер сразу увидел в гелиоцентрической картине движения планет действие единой физической силы. Уже в 1596 г. в своем первом космологическом сочинении «Продромос» (Предвестник), или «Космографическая тайна», он обратил внимание на то, что с удалением от Солнца периоды обращения планет увеличиваются быстрее, чем радиусы их орбит, т. е. уменьшается скорость движения планет. Либо движущая сила (по Кеплеру, «движущая душа») сосредоточена в каждой планете, и у далеких планет она почему-то меньше, чем у близких (так думал Тихо Браге); либо она единая для всей системы и сосредоточена в ее центре — в Солнце, которое действует сильнее на близкие и слабее на далекие планеты. Кеплер остановился на втором. Открытие закона площадей было понято им как подтверждение силового воздействия Солнца на планеты. Кеплер писал: «Навострите уши, физики: ведь здесь предпринимается замысел насчет вторжения в вашу область». На динамические представления Кеплер опирался при окончательном выборе формы планетных орбит: из всех кривых, испытанных Кеплером, эллипс с Солнцем в одном из его фокусов наиболее точно соответствовал закону площадей. Через десять лет после опубликования первых двух законов Кеплер установил (1619 г.) универсальную зависимость между периодами обращения планет и средними расстояниями их от Солнца (третий закон). Это окончательно убедило его в том, что движением планет управляет Солнце и что принцип «естественности» не-

бесных движений также оказался несостоятельным.

В «Новой астрономии» и в «Кратком изложении коперниковой астрономии» (1618—1622 гг.) Кеплер сделал попытку решить вопрос о физической природе и точном математическом законе действия силы, движущей планеты.

При современном ему состоянии физики эти попытки были обречены на неудачу. Но для дальнейшего развития естествознания важно было уже то, что Кеплер поставил проблемы, которые прежде не возникали. Гипотезы, построенные им с помощью весьма смелых аналогий, хотя и вызвали полемику, вместе с тем привлекли внимание физиков и математиков к проблеме динамики Солнечной системы.

Кеплер сравнивал действие Солнца с действием магнита. Вряд ли можно было сделать тогда лучший выбор: магнитная сила считалась едва ли не самой распространенной в природе. Магнитным влиянием Луны объясняли приливы и отливы. Современник Кеплера — первый теоретик магнетизма Гильберт выдвинул в 1600 г. идею универсальности магнетизма и сводил к нему силу тяжести (считая Землю большим магнитом). Живо обсуждался вопрос, действует ли эта сила через пустоту или через особую тонкую среду. (Допуская вначале первое, Кеплер в дальнейшем все более склонялся ко второму.) Наконец, лишь магнитная сила обнаруживала способность перемещать тела не только в направлении магнита, но и вбок, при перемещении или вращении магнита, отделенного от тела немагнитной средой (например, бумагой, деревом). На этих основаниях Кеплер в работе 1609 г. развил представление о механизме действия силы, движущей планеты, как о вихре, возникающем в эфирной среде от вращения магнитного Солнца и увлекающем планеты. (Вращение Солнца было открыто спустя два года голландским астрономом И. Фабрициусом.)

По гипотезе Кеплера сила действовала на планету непосредственно вдоль орбиты. Для установления сложного характера причин орбитального движения планеты (сочетания тя-

готения и инерции движения) потребовалось уточнение основных физических понятий и существенное развитие самой физики — создание основ динамики (Галилей), открытие закона криволинейного движения (Гюйгенс), установление принципа инерции прямолинейного движения (Ньютон). Таким образом, в исследованиях механики неба Кеплер до предела исчерпал возможности современной ему физики. «Ошибки Кеплера,— писал историк астрономии Ж. Бальи,— были выше своего века». Некоторые современные исследователи усматривают сходство в подходе к описанию планетных движений у Кеплера и у Эйнштейна, при построении последней общей теории относительности*.

Картина движения планет, созданная Кеплером, дала начало декартовой (картезианской) вихревой космологии и космогонии (а отчасти и физике), сыгравшим огромную прогрессивную роль в утверждении идей развития Вселенной и естественного характера ее законов. В XVIII в. магнитную концепцию природы Млечного Пути предложил Э. Сведенборг. В наше время идея быстро вращающейся молодой звезды, которая своим магнитным полем увлекает и раскручивает окружающую ионизованную материю, нашла применение уже на совершенно ином уровне, в планетной космогонии (Ф. Хойл).

Обсуждая возможный закон действия Солнца на планету, Кеплер имел в своем распоряжении лишь один пример количественной характеристики силы, действующей на расстоянии. Это была доказанная им в 1604 г. обратная пропорциональность силы света квадрату расстояния от источника. Воспользовавшись аналогией со светом, он, однако, попытался для силы, движущей планеты, впервые учесть то, что движение планет происходит почти в одной плоскости. Такая попытка строго решить вопрос при недостаточном еще развитии основ механики привела его к выводу, что эта

* Г. И. Тредер. Кеплер и гравитационная теория. XIII Международный конгресс по истории науки. Тезисы докладов. «Наука», М., 1971 г., стр. 49.

сила обратно пропорциональна расстоянию.

Интересные соображения высказал Кеплер о силе тяжести. Он еще не связывал с ней причину орбитального движения планет. Вместе с тем, будучи убежден, что «сила Земли простирается до Луны и даже дальше», он понимал неизбежность вмешательства этой силы в движение планет и необходимость уравновешивания ее какой-то дополнительной не известной еще силой. «Если допустим, что Земля и Луна одинаково плотны и не удерживались бы на своих орбитах какой-либо силой,— писал Кеплер,—то Земля приблизилась бы к Луне на $\frac{1}{54}$ часть их взаимного расстояния, а Луна прошла бы остальные $\frac{53}{54}$ части, и они соединились бы». Эта уравновешивающая «центробежная сила» — проявление инерции прямолинейного движения при движении по кривой — была открыта Гюйгенсом спустя полвека (1659 г.). В приведенном отрывке из «Новой астрономии» Кеплера содержится и зародыш третьего закона ньютоновой механики. Кстати, Кеплеру принадлежит заслуга введения одного из основных понятий новой физики — инерции покоя и формулировка соответствующего принципа, с помощью которого он правильно объяснил сохранение ориентации осей планет в пространстве (Коперник для этого вводил особое, третье движение Земли). Опираясь на этот принцип и не зная еще об инерции движения, Кеплер, хотя и на ошибочных основаниях (считая, что тело остановится с прекращением действия на него силы), сделал правильный вывод, что любое тело может покоиться в любой точке пространства, а не в особых «естественных местах», как учил Аристотель (например, в центре мира для всех «тяжелых» тел). Эта идея, как и натурфилософская концепция Николая Кузанского — Джордано Бруно об отсутствии у Вселенной центра, объективно подготавливала формирование представлений о бесконечной изотропной Вселенной.

Таким образом, благодаря Кеплеру астрономия после пятнадцативекового перерыва вновь прониклась идеей физической причинности. Но у

творца первой физической картины мира Аристотеля физика была для астрономии своего рода «стимулом к бездействию», поскольку в ней орбиты планет и характер движений по ним заранее постулировались. У Кеплера физика вошла в астрономию как объект исследования, как новый аспект изучения Вселенной, раскрывающий более глубокое содержание наблюдаемых астрономических явлений. Именно физический, динамический смысл, который Кеплер вкладывал в открытые им законы, как и точность самих законов, направили мысль исследователей по новому руслу, что привело к созданию новой физической картины мира и новой науки — небесной механики, со всеми ее грандиозными результатами: от предсказания открытия планет и даже спутников у звезд до расчета космических трасс межпланетных кораблей.

НАУЧНЫЙ МЕТОД КЕПЛЕРА. ИДЕЯ «ГАРМОНИИ МИРА»

Метод Кеплера обычно описывается как индуктивный, при котором совершается восхождение от частных наблюдений, фактов, суждений к обобщениям. В таком случае, казалось бы, достаточно появиться точным наблюдениям планет, чтобы открыть истинные законы их движения и строения всей системы.

Но на какой основе их искать? Открытия какого вида законов можно ожидать? Наконец, как искать?

Известно, что наблюдаемые факты сами по себе, без рассмотрения их в свете определенных общих идей, не могут привести к установлению существенных закономерностей, так как не могут подсказать основу и направление поисков, допуская порой прямо противоположные объяснения. Свидетельством тому служит появление на одном и том же наблюдательном материале геоцентрической, а затем гелиоцентрической систем. Выбор системы определился в обоих случаях общефизическими, философскими и даже методологическими позициями их авторов — Птолемея и Коперника.

Выборения положений планет у Птолемея были практически не ме-

нее точны, чем у Коперника. Против геоцентризма восстали сначала не сами наблюдаемые факты, а нарушенные в этой теории (под давлением фактов) общие методологические и натурфилософские принципы — непротиворечивости, экономии и необходимости причин. Опиравшаяся на физику и космологию Аристотеля птолемея система нарушала ее же принципы. Кроме того, для объяснения каждой особенности (неравенства) в движении небесных тел вводилась новая причина — свой эпицикл, эквант. Последнее и стремился исправить Коперник, выдвигая единую причину — гелиоцентризм для объяснения всех главных наблюдаемых закономерностей и особенностей в движении небесных тел. Выполнение в системе Коперника общего принципа экономии причин («природа не терпит лишнего») сразу же склонило Кеплера к признанию ее истинности.

Внимательное рассмотрение с позиций гелиоцентризма отдельных частей фактов (относительных расстояний, периодов обращений планет) привело Кеплера к новой общей идее о динамическом характере движения планет. Дальнейший анализ точных наблюдений Браге с точки зрения общих принципов гелиоцентризма и динамизма планетной системы позволил Кеплеру открыть универсальные законы движения небесных тел. Таким образом, в его исследованиях индуктивный метод был неразрывно связан с дедуктивным.

Но успех Кеплера объясняется не тем, что он объединил эти составные части научного метода. Ни один важный научный результат фактически не был получен без их сочетания. Существенную роль в открытиях Кеплера сыграло новое понимание им философских, наблюдательных и методологических основ науки и гибкое, диалектическое их сочетание. Это относится прежде всего к идее мировой гармонии.

На протяжении веков все великие исследователи Вселенной опирались на философский принцип гармонии мира. Но понимали его по-разному. Пифагорейцы (VI в. до н. э.) — как господство простых числовых отношений, подобных тем, что характерны

для сочетания высоты тонов в музыкальных аккордах. Платон — как простоту основных законов, а потому возможность и необходимость описания сложных видимых движений планет комбинацией простых элементов. Коперник, соглашаясь с Платоном, дополнял его требование более общим принципом сведения возможно большего числа явлений к возможно меньшему числу причин. В представлении же Тихо Браге гармония мира состояла в разумной целесообразности его устройства. С веками изменялось не только понимание этого принципа, но и толкование его первоначальных формулировок. Так, идея пифагорейцев, построенная на слишком отдаленных (хотя, быть может, не лишённых смысла) аналогиях, не успев проявить свою плодотворность (заключившуюся в идее универсальности наиболее глубоко лежащих числовых закономерностей мира), застыла в форме мистического учения о числах. Платоновская идея разбиения сложных явлений на простые элементы, указывавшая эффективный (а, возможно, единственный доступный) путь исследования природы, преобразовалась в учение о единственно допустимых для небесных тел реальных круговых и равномерных движениях. Такая неоправданная конкретизация, а позднее и абсолютизация того, что было, скорее, методологическим принципом, тормозили в течение многих веков развитие научной мысли.

Кеплер также был проникнут идеей всеобщей гармонии мира и даже излагал эту идею в традиционной теологической форме. Но под этой оболочкой было скрыто глубокое научное понимание принципа гармонии мира. Для Кеплера это — обобщённый принцип случайности, закономерности всех явлений в природе. Подобные представления в его время были не новы, но они отличались крайней прямолинейностью, упрощённостью (яркий пример — астрология). Кеплер понимал закономерность как существование точных количественных отношений между измерениями и характеристиками явлений. В свою очередь, количественные законы для него — лишь необходимое средство познания качествен-

ной сущности явлений. «Как глаз для цветов, ухо для тонов», писал Кеплер, — точно так же человеческий дух создан для познания не всякого рода любых вещей, а для познания величин; он тем вернее постигает сущность вещи, чем более приближается к чистым количествам как ее основанию».

Идея числовой гармонии заставляла Кеплера задумываться, казалось бы, над самыми «странными» вопросами: о числе и распределении планет, количестве еще не открытых спутников у разных планет, о причине обязательной шестиугольной формы снежинок. Ответом на эти вопросы явилась, в частности, построенная им в 1596 г. геометрическая схема Вселенной, которая, хотя и отразила довольно удачно относительные расстояния известных тогда планет и была первым теоретическим обоснованием гелиоцентризма, все же представляется весьма искусственной. Но среди «ответов» Кеплера было и теоретическое объяснение строения снежинок (1611 г.), стоящее на уровне современной структурной кристаллографии.

Наряду с развитием и углублением общего философского подхода Кеплера к изучению Вселенной, в его исследованиях все более возрастала (особенно после встречи с Тихо Браге) роль наблюдений. Так, в 1596 г. расхождения своей теоретической модели Вселенной с оценками планетных расстояний у Коперника он склонен был объяснить неточностью наблюдений Коперника. Напротив, при создании в 1600-х годах теории движения Марса на основе заведомо точных наблюдений Тихо Браге Кеплер, обнаружив расхождение расчетов с наблюдениями всего на 8', отказался от своей теории и продолжил поиски, пророчески заметив: «Эти 8', которыми непозволительно пренебрегать, дадут нам средство преобразовать астрономию». В свою очередь открытие точных законов, исключавшее представление о планетных сферах, направило его мысль к поискам иного выражения числовой гармонии в Солнечной системе. Она была найдена в более общей форме — в виде простого математического закона.

«Я выяснил», — писал он в 1619 г., — что все небесные движения, как в их целом, так и во всех отдельных случаях, проникнуты общей гармонией, правда, не той, которой я предполагал, но еще более совершенной».

Таким образом, идея гармонии природы обретала у Кеплера все более обобщенный смысл, освобождая природу от насильственно навязывавшихся ей слишком конкретных представлений, обусловленных ограниченностью знаний данной эпохи. В то же время наблюдения по мере возрастания их количества и точности стали рассматриваться Кеплером как все более достоверные и учитывались все более скрупулезно. В результате освобожденные от догматизма философские принципы смогли проявить свою направляющую эвристическую силу, а наблюдения, не стесненные в своей интерпретации догмами, стали решающим критерием достоверности теории.

Рост наблюдательного материала поставил и новую проблему — поиск эффективного способа его обработки. Первым с этой задачей справился Кеплер. Он возродил изобретенный Архимедом способ вычисления переменных величин — площадей криволинейных фигур (с необходимостью чего столкнулся в теории планет). Кеплер и здесь смело пошел против традиций. Он упростил строгий, но громоздкий геометрический метод Архимеда и впервые ввел приближенные вычисления. Встреченные поначалу с недоверием математические методы Кеплера спустя немногие десятилетия стали мощным стимулом для дальнейшего развития дифференциального и интегрального исчисления.

И если до Кеплера никто не догадывался или не осмеливался утверждать, а тем более доказывать, что истинные орбиты планет не окружности, то после Кеплера уже не строились новые теории планетной системы. Покончив с рабочим моделированием планетного мира, он положил начало вывлению его действительных свойств на основе динамических представлений, точных наблюдений и новых математических методов их анализа.

Однако воздействие многих других

глубочайших идей Кеплера на развитие естествознания не было столь непосредственным. В его сочинениях они появлялись в средневековых одеждах, а порою и в шутивых масках, и далеко не всегда были вовремя узнаны и услышаны. Они проникали в науку исподволь, нередко под чужими именами (например, в виде вихревой теории Декарта). Многие открытия были повторены позднее, независимо, и лишь подтвердили гениальность догадок и прогнозов Кеплера. Сочинения его не призывали к новым воззрениям на мир, подобно сочинениям Галилея. Они несли это новое в своей глубине и порой настолько уходили вперед от современности, что, как и предвидел Кеплер, некоторым его идеям и теориям пришлось ждать своего «созерцателя» столетия.

Расцвет эпохи Возрождения в естествознании в конце XVI — начале XVII в. ознаменовался появлением ученых-трибунов, какими были в астрономии Бруно и Галилей. Их яркая пропаганда новых идей звала на борьбу за новое миропонимание и сыграла огромную роль в его утверждении. Но рядом шел другой, быть может, еще более значительный по своим последствиям, хотя и менее заметный процесс ломки самого фундамента старого мировоззрения и создания новой науки. Представителями такой «скрытой» революции в естествознании были Коперник и Кеплер. О том, насколько далеко идущими были эти внутренние преобразования науки, говорит уже то, что освоение их потребовало значительного времени. Революционность идей Коперника оставалась непонятой почти три четверти века. Глубина и революционность многих идей, догадок и даже вопросов Кеплера раскрывалась в течение трех с половиной веков и становится особенно впечатляющей в наши дни в связи с новыми тенденциями современной науки к установлению наиболее общих закономерностей, связывающих, казалось бы, самые отдаленные друг от друга области знания.

Ю. А. БЕЛЫЙ
кандидат физико-математических наук

«Сон, или астрономия Луны» — последнее произведение Кеплера

«Somnium, seu opus posthumum de astronomia lunari» — под таким названием вышла в 1634 г., спустя четыре года после смерти Иоганна Кеплера, последняя подготовленная им к печати книга. Она появилась в разгар Тридцатилетней войны, отпечатана была небольшим тиражом и в течение длительного времени не привлекала к себе особого внимания.

А между тем это произведение очень любопытное. Кеплер работал над ним почти всю свою жизнь, и в нем наиболее полно отразилась эволюция его взглядов на природу важнейших физических и астрономических явлений. «Сон» — один из первых образцов научно-фантастического рассказа и единственное произведение Кеплера в этом жанре.

В 1593 г. Кеплер, будучи студентом Тюбингенского университета, написал небольшое сочинение о лунной астрономии. В нем он рассказал о небесных явлениях, которые сможет наблюдать тот, кто каким-то образом очутится на Луне. Его университетский товарищ Кристофер Безольд, позже профессор права в Тюбингене, составил по юношескому произведению Кеплера тезисы и предложил провести студенческий диспут. Но диспут не состоялся — его не допустили университетские власти. (Эти подробности приводит сам Кеплер в примечаниях к появившемуся сорок лет спустя «Сну».)

Вновь возвращается Кеплер к астрономии Луны в 1609 г. «Прошлым летом, — сообщает Кеплер в письме Галилею от 19 апреля 1610 г., — рукопись, начатую в 1593 году, я расширил до полной географии Луны». И далее: «Может ли кто поверить, что огромный океан, разделяющий Землю и Луну, можно пересечь более спокойно и безопасно, чем узкие пространства Адриатики, Балтийского моря или Ла-Манша?.. Предвижу корабль или паруса, приспособленные к небесным ветрам, и тогда найдутся люди, которые не побоятся даже пустоты межпланетного пространства, ... так что для тех, кто захочет предпринять это путешествие, давайте создадим астрономию, Вы, Галилей, — Юпитера, а я — Луны».

Еще ранее Кеплер заинтересовался книгой древнегреческого писателя-моралиста Плутарха (ок. 46—126 гг.) «О лике Луны». Он перевел ее с греческого на латинский язык и попытался воспроизвести те места, которые отсутствовали в сохранившемся до того времени неполном тексте «Лица Луны».

С 1621 г. и на протяжении почти десяти лет Кеплер дополняет «Сон» многочисленными комментариями, которые по объему в несколько раз превышают текст самой книги. О работе над комментариями Кеплер сообщает своему страсбургскому другу профессору М. Бернеггеру в письме



Иоганн Кеплер

Портрет работы неизвестного художника XVII в.

ме от 4 декабря 1623 г.: «Я начал править мою лунную астрономию, или, точнее, разъяснять ее примечаниями два года тому назад... В моем очерке столько же строчек, сколько и проблем, которые должны решаться отчасти с помощью астрономии, отчасти — физики и отчасти — истории... Я хочу решить все проблемы, используя последовательные примечания, сопровождающие текст».

В очерке художественный вымысел и фантастика причудливо переплетаются с действительными событиями. Однажды ночью, после наблюдений звезд и Луны, Кеплер погрузился в глубокий сон. Ему приснилось, будто он читает книгу, которую написал Дуракотус, житель страны льдов (Исландия). Он решился рассказать о некоторых событиях своей жизни, лишь когда его мать Фиолксильда умерла, ибо она заклинала Дуракотуса хранить молчание, так как слишком многие люди презирают искусство (науку) и превратно объясняют все то, что их темные умы не в состоянии понять. Они установили в обществе дурные законы, и многие осужденные по этим законам были проглочены кратером Геклы.

В раннем детстве мать часто брала Дуракотуса за руку или сажала его на плечи и несла к склонам Геклы. Там она собирала различные травы, дома сушила их, смешивала в строго определенных пропорциях, набивала смесью маленькие мешочки, которые затем продавала морякам как чары. Так она зарабатывала себе и сыну на жизнь. Однажды, движимый любопытством, Дуракотус развязал тайком один из мешочков. Обнаружив это, мать в припадке гнева отдала сына капитану судна, направлявшегося в Норвегию, в Берген. Сильный ветер заставил капитана свернуть с курса, и он направил свой корабль в Данию, на остров Вен, где находилась знаме-



Ураган поднял корабль Мюнхаузена к Луне

нитая обсерватория Тихо Браге, к которому, кстати, капитан имел письмо от исландского епископа. Четырнадцатилетний Дуракотус очень страдал от морской болезни, и капитан вынужден был высаживать его на острове, надеясь вернуться за ним позже. Первое время Дуракотус не понимал датского языка, но потом овладел им и вместе с Браге и его студентами занялся наблюдениями Луны и звезд на удивительных инструментах. Он настолько увлекся астрономией, что не захотел даже вернуться домой, когда за ним прибыло судно.

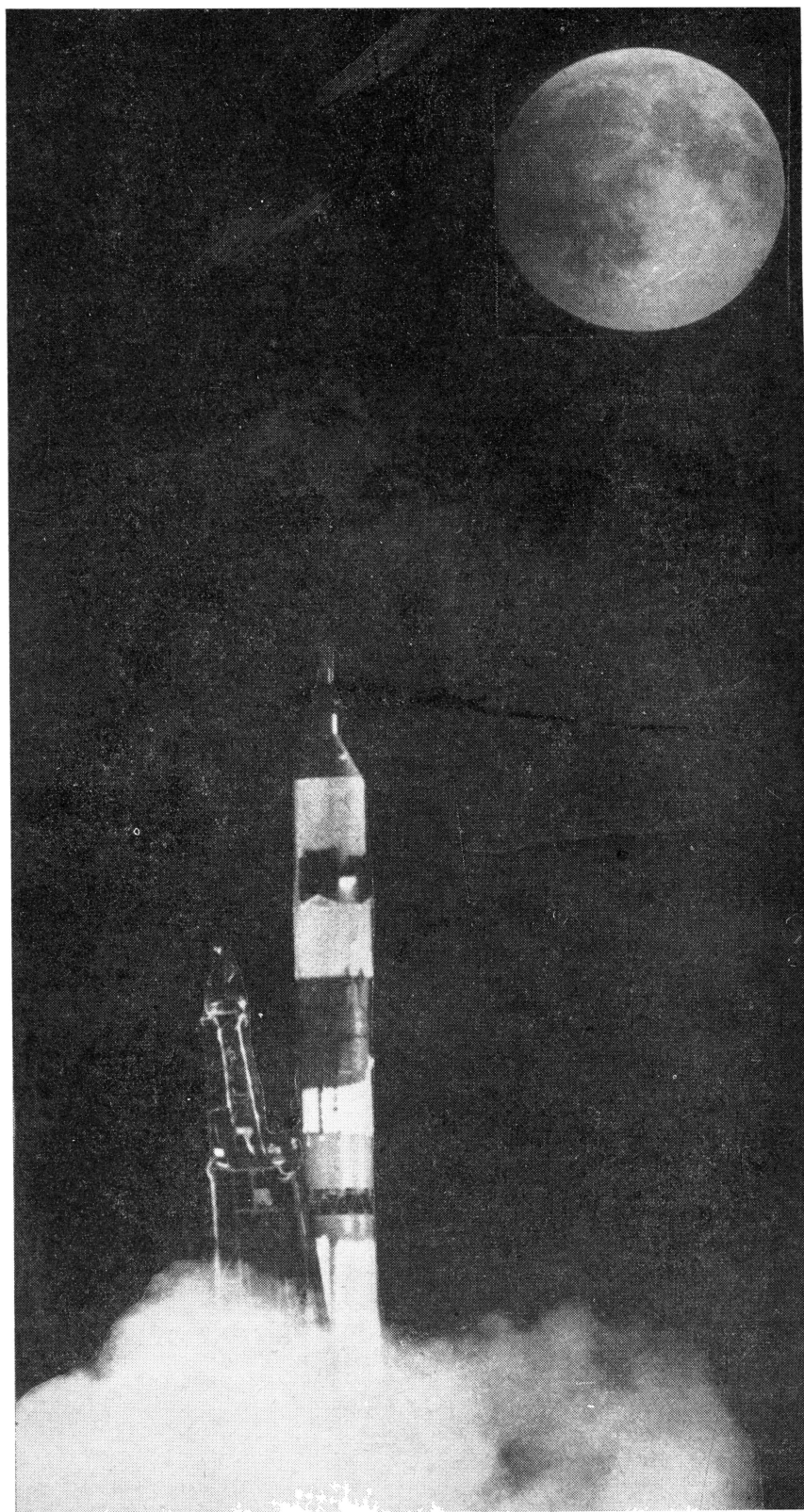
Но через несколько лет Дуракотуса все-таки потянуло на родину и на попутном судне он возвращается в страну льдов. Мать радостно встречает сына. Она спрашивает, что узнал он о небесных явлениях, сравнивает его знания со своими, полученными из собственных наблюдений и от демонов, с которыми она общается. В примечании к этому месту Кеплер разъясняет: «Эти демоны — науки, которые раскрывают причины вещей. Такая аллегория была внушена мне греческим словом «*daímon*» («*δαίμων*» — демон, гений, дух), происходящим от «*daiein*» («*δαίειν*» — знать)».

Мать знакомит сына с одним из демонов. Тот рассказывает о своих путешествиях на Луну, называемую им Леванией (по-древнееврейски *Lebana* — Луна). Демон сообщает, что Левания находится в 50 000 немецких миль от Земли. (Кеплер указывает в примечании, что 1° дуги большого круга Земли равен 15 милям, ссылаясь на свои «Очерки коперниканской астрономии», в которых им установлено, что Луна в апогее отстоит примерно на 59 земных радиусов. Принимая за радиус Земли 860 миль, он получает величину расстояния от Земли до Луны $59 \times 860 = 50\,740$ миль. Расстояние определено с большой точностью. По современным данным, среднее расстояние от Земли до Луны как раз и равно примерно 59 экваториальным радиусам Земли.) Демоны могут добраться до Левании только при определенном взаимном расположении Луны, Земли и Солнца. Иногда они могут взять с собой и людей, но для человека это путешествие очень трудно и опасно для жизни.

«Малоподвижные люди, толстые и любящие удовольствия, не принимаются в нашу компанию. Мы выбираем только тех, кто провел свою жизнь в седле, кто часто плавал в Индию и привык довольствоваться сухарями, чесноком, сушеной рыбой и другой безвкусной пищей. Особенно подходят нам сухопарые старухи, что с детства на козлах или метлах летают по ночам над огромными пространствами Земли. Немцы для нас не подходят, но мы не отвергаем тощие и крепкие тела испанцев... Первые мгновения полета особенно тяжелы для человека, поскольку он искривляется и выворачивается, как выстреленный из пушки... Поэтому его необходимо предварительно усыпить наркотиками и удобно расположить, чтобы удар распределился равномерно по всему телу... Затем возникают новые трудности — ужасный холод и проблема дыхания... Наконец наступает время, когда телесная масса сама движется к назначенному месту. Но такое самопроизвольное движение приносит мало пользы, так как происходит слишком медленно. Поэтому мы, демоны, подгоняем тела усилием воли и затем движемся перед ними, чтобы никто не ушибся при очень сильном толчке о поверхность Луны...».

Какой бы наивной ни казалась нам форма, в которой Кеплером более чем 350 лет назад затрагивались проблемы путешествия человека в космосе, их сущность и сейчас, в космическую эру человечества, не может не произвести глубокого впечатления на наше воображение. Кеплер считается с перегрузками человеческого организма при старте, для чего космическим путешественникам приходится особым образом располагаться, он указывает, что на известном расстоянии силы притяжения Земли и Луны уравниваются, рассматривает проблемы питания в условиях длительного путешествия за пределами Земли, дыхания в безвоздушном пространстве, опасность космического холода, не забывает о торможении для осуществления «мягкой посадки».

Прибыв на Луну, человек должен остерегаться как жарких лучей Солнца, накаляющего ее поверхность в течение лунного дня, так и ужасного



Стартует космическая ракета

холода в период лунной ночи. Эти же проблемы беспокоят и лунных аборигенов, в существовании которых, религиозным догмам вопреки, Кеплер не сомневается. Местным жителям приходится прятаться в лунных ущельях и пещерах. Поверхность нашего спутника, по мнению Кеплера, очень неровная, и лунные горы выше земных. И эти мысли высказывались Кеплером в 1609 г., до того как Галилей впервые направил телескоп на небо!

Переходя к лунной географии, или селеографии, Кеплер пишет: «Хотя в Левании видны те же самые неподвижные звезды, что и у нас, тем не менее движение и размеры планет там совершенно иные, и, значит, вся система астрономии должна быть отлична от нашей... Левания состоит из двух полушарий: одно обращено к Земле, другое — в противоположную сторону. С первого всегда видна Земля, со второго Землю увидеть невозможно... В Левании, как и у нас, происходит смена дней и ночей... Жителям Левании кажется, что она неподвижна, а звезды вращаются вокруг нее, точно так Земля кажется нам неподвижной. Ночь и день вместе равны одному нашему месяцу».

Подробно и скрупулезно, на основании длительных размышлений и сложных вычислений Кеплер решает вопросы продолжительности лунных суток и других промежутков лунного времени, описывает особенности той части лунной поверхности, которая постоянно обращена к Земле, и противоположной ей, рассматривает видимые движения и относительные размеры наблюдаемых на Луне светил, всячески подчеркивая аргументы в пользу коперниканского учения.

Примечания к «Лунной астрономии» составлялись Кеплером в наиболее зрелый период его научной деятельности, и это чрезвычайно важно для характеристики эволюции его взглядов. Проследим, как менялись его представления о природе гравитационного притяжения и инерции.

В течение многих веков в естествознании господствовала аристотелева точка зрения на природу тяготения: Земля и Вселенная имеют общий

центр; тяжелое тело движется к центру Земли, и происходит это вследствие того, что центр Земли совпадает с центром Вселенной. Аристотелевой концепции был нанесен сокрушительный удар учением Коперника, удалившего Землю из центра Вселенной. Коперник пишет: «...я полагаю, что тяготение есть не что иное, как некоторое природное стремление, сообщенное частям божественным провидением творца Вселенной, чтобы они стремились к целостности и единству, сходясь в форму шара. Вполне вероятно, что это свойство присуще также Солнцу, Луне и остальным блуждающим планетам, чтобы при его действии они продолжали пребывать в своей шарообразной форме, совершая тем не менее различные круговые движения»*.

В «Новой астрономии» Кеплер идет дальше. По его мнению, тяготение — это «взаимное телесное стремление сходных (родственных) тел к единству или соединению». Коперник считал, что притягиваются части целого, Кеплер — сходные тела. Но в примечаниях ко «Сну» Кеплер уже не распространяет ограничение «родственности» на гравитационное притяжение: «Тяготение (гравитацию) я определяю как силу, подобную магнетизму — взаимному притяжению. Сила притяжения тем больше, чем оба тела ближе одно к другому, иначе, чем в случае тел, далеко удаленных (друг от друга — Ю. Б.). Поэтому тела сильнее сопротивляются отделению их друг от друга, если они еще близки.» Здесь же он добавляет: «Причины океанских приливов и отливов видим в том, что тела Солнца и Луны притягивают воды океана с помощью некоторых сил, подобных магнетизму». Представление Кеплера о природе приливов и отливов настолько опередило эпоху, что даже Галилей не смог его оценить и писал по этому поводу: «Среди великих людей, рассуждавших об этом поразительном явлении природы, более других удивляет меня Кеп-

лер, который, обладая умом свободным и острым и будучи хорошо знаком с движениями, приписываемыми Земле, допускал особую власть Луны над водой, сокровенные свойства и тому подобные ребячества»*.

Внимание Кеплера было привлечено и к такому свойству материальных тел, как инерция. Кстати, термин «инерция» ввел Кеплер. Он обозначал им явление сопротивления движению покоящихся тел. Инерция в таком понимании была распространена Кеплером на внеземные тела. В «Новой астрономии» он писал: «планетные шары должны быть по природе материальными... они обладают склонностью к покою или отсутствию движения». В «Лунной астрономии» Кеплер делает новый шаг вперед, рассматривая в примечании 75 к основному тексту случай, когда действующие на движущееся тело силы уравновешиваются («погашаются»). Тогда, как считает Кеплер, «тело само движет свои части», причем движение продолжается самопроизвольно, спонтанно. И хотя термин «инерция» даже не упомянут, здесь Кеплер, пусть недостаточно четко, но вполне определенно рассматривает инерцию движения. Таким образом, будучи предшественником Ньютона, Кеплер во многом предвосхитил его выдающиеся открытия.

Кеплер решил на публикацию «Сна» только на склоне лет. Но книга увидела свет во Франкфурте-на-Майне лишь спустя четыре года после смерти Кеплера.

Сто лет назад текст «Сна» был напечатан в заключительном томе полного собрания сочинений Кеплера на латинском языке. Затем появился перевод «Сна» на немецкий язык. Недавно вышли в свет новые издания «Сна» на немецком и английском языках. Интерес к этому произведению в наши дни, когда освоение Луны началось, вполне закономерен.

* Николай Коперник. О вращении небесных сфер. Малый комментарий и другие. «Наука», М., 1964 г., стр. 30.

* Галилео Галилей. Диалог о двух главнейших системах мира — птолемеевой и коперниковой. Гостехиздат, М.—Л., 1948 г., стр. 326.



Кеплеру посвящается

Во всей истории науки трудно найти другого человека, который бы, подобно Кеплеру, преодолевая почти со сверхчеловеческой выдержкой и настойчивостью все препятствия и невзгоды, стремился к поставленной цели и в конце концов достиг ее. Три закона Кеплера формулируются в шести строчках, но понадобилось 18 лет, пока великий математик, после многих попыток и долгих блужданий, вывел их из наблюдений Тихо Браге. На этих законах построено удивительное здание теоретической астрономии. Эти законы расчистили Ньютону путь к открытию всемирного тяготения, хотя Кеплер первым высказывал подобные мысли.

Два имени упоминаются чаще всего в современной астрономии и физике — Кеплера и Доплера. Это были люди, жившие в разные эпохи и в различных условиях. Кеплер раскрыл неслыханными трудами точные законы природы, Доплер высказал важный физический принцип, который не совсем правильно применил к звездам. Но оба они провели в Праге лучшие и наиболее плодотворные годы жизни.

Четыреста лет прошло со дня рождения Кеплера, но время бессильно уменьшить значение его трудов, более того, их значение непрерывно возрастает, особенно в последние годы, когда начался космический век.

Несколько дней тому назад состоялось великое противостояние Марса — планеты, названной по имени бога войны и послужившей Кеплеру для открытия его законов. «После трудной и жестокой войны теперь бог войны побежден, пленен и связан», — образно писал Кеплер в своей «Новой астрономии». Пусть же это противостояние еще раз напомним нам о гениальном ученом, 400-летие со дня рождения которого ныне празднует весь цивилизованный мир.

Наш симпозиум проходит в Ленинграде, далеко удаленном от мест, где протекала жизнь и деятельность Кеплера. И все же именно здесь Кеплер особенно близок нам, так как продукт его ума и духа — его подлинные рукописи после долгих скитаний нашли пристанище в Ленинграде. Они усиленно изучаются и используются для издания его трудов. Многие выдающиеся ученые из разных стран собрались здесь, чтобы почтить память великого астронома. Желаю им приятного пребывания в нашем городе и успеха симпозиуму.

А. А. Михайлов
академик

Речь на церемонии открытия
Международного Кеплеровского симпозиума.
26 августа 1971 г.

Подготовка к празднованию 400-летнего юбилея великого немецкого астронома, математика и механика Иоганна Кеплера началась задолго до знаменательной даты. В июле 1969 г. в Мюнхене по инициативе Баварской Академии наук был создан Международный Кеплеровский комитет, в состав которого вошли 20 представителей разных стран. Среди них такие известные историки астрономии, как профессор В. Герлах (ФРГ), занимающийся изучением наследия И. Кеплера, бывший председатель Комиссии 41 МАС по истории астрономии профессор Е. Рыбка (ПНР) и профессор О. Гингерич (США), исполняющий обязанности председателя Комиссии в настоящее время. Почетным председателем Международного Кеплеровского комитета был избран академик А. А. Михайлов, председателем — профессор И. О. Флеккенштейн (Швейцария).

Комитет наметил ряд мемориальных мероприятий в местах, связанных с жизнью и деятельностью Иоганна Кеплера, — на родине ученого в Вейль-дер-Штадте (ФРГ), в Линце (Австрия), где Кеплер прожил 14 лет, в Праге, где он открыл знаменитые законы планетных движений. Международный Кеплеровский симпозиум в Ленинграде, проведенный в рамках XIII Международного конгресса по истории науки, явился заключением этой программы.

Для организации и проведения симпозиума в мае 1971 г. был создан Советский комитет. Председателем его стал академик А. А. Михайлов. Мне кажется, что помещение для заседания симпозиума было выбрано очень

удачно. Симпозиум проходил в Ленинградском планетарии, интерьер которого хорошо гармонировал с темой симпозиума. Возможности демонстрационной аппаратуры планетария позволили эффектно оформить церемонию открытия и заключительное заседание, а в просторных фойе удобно расположились столики для регистрации участников симпозиума, экскурсионное бюро, бюро дамского комитета, служба транспорта, а также очень интересные экспозиции — выставка подлинных рукописей и семейных реликвий Кеплера, хранящихся в Архиве АН СССР, и выставка опубликованных трудов ученого. К работе симпозиума был приурочен выпуск памятной Кеплеровской медали (скульптор А. А. Новичков), которую прекрасно выполнил Ленинградский монетный двор.

Международный Кеплеровский симпозиум привлек к себе большое внимание — в нем приняли участие более 400 советских и зарубежных ученых.

Торжественное открытие симпозиума состоялось 26 августа. Под звезд-



Ленинградский планетарий в дни работы Международного Кеплеровского симпозиума

ным небом планетария прозвучал «Гимн великому городу» Р. М. Глиэра. Рассвет и великолепная панорама Ленинграда, воспроизведенные на планетарском небе, вызвали аплодисменты собравшихся. Академик А. А. Михайлов тепло приветствовал участников симпозиума на русском, немецком, французском и английском языках.

В программе симпозиума было много интересных докладов, осветивших разносторонность гения Иоганна Кеплера. Профессор В. Герлах (ФРГ) рассказал о жизни и творчестве Кеплера. Он обрисовал его не только как великого ученого, но и как человека, который «всю жизнь ратовал за мир в политике и религии». Кеплер надеялся, что познание чудес природы «обратит людей от тщеславия и корысти, которые порождают войны и другое зло, к миролюбию и умеренности во всем».

Значение трудов Кеплера для развития небесной механики раскрыл в своем выступлении профессор Г. А. Чеботарев. Он отметил, что понятия «закон Кеплера», «уравнения Кеплера», «кеплеровы элементы планетных орбит», «невозмущенное кеплерово движение» и многие другие есть в любом современном курсе небесной механики. По мнению Г. А. Чеботарева, все, что было в небесной механике до Кеплера, сохранилось лишь в истории, тогда как открытия Кеплера составляют основу современной теоретической астрономии.

Частным вопросам небесной механики были посвящены доклады профессора О. Гингерича (США) «Происхождение третьего закона Кеплера», в котором автор проанализировал характер физического мышления Кеплера, и профессора К. Вильсона (США) «Эллипс Кеплера и правило площадей: их происхождение из фактов и предположений».

Известно, что Кеплер с 22-летнего возраста имел официальное звание математика. Но во времена Кеплера понятие «математика» было значительно шире, в нее входили и астрономия и оптика. О важнейших достижениях Кеплера в математике в ее традиционном для нас содержании рассказал на симпозиуме доцент

Ю. А. Белый. Докладчик показал, что наиболее существенные результаты были получены Кеплером в математике переменных величин и в теории правильных многоугольников. Интересны также работы Кеплера в области теории конических сечений и в области вычислений, где он использовал свои, хотя и близкие по форме к неперовым, логарифмы.

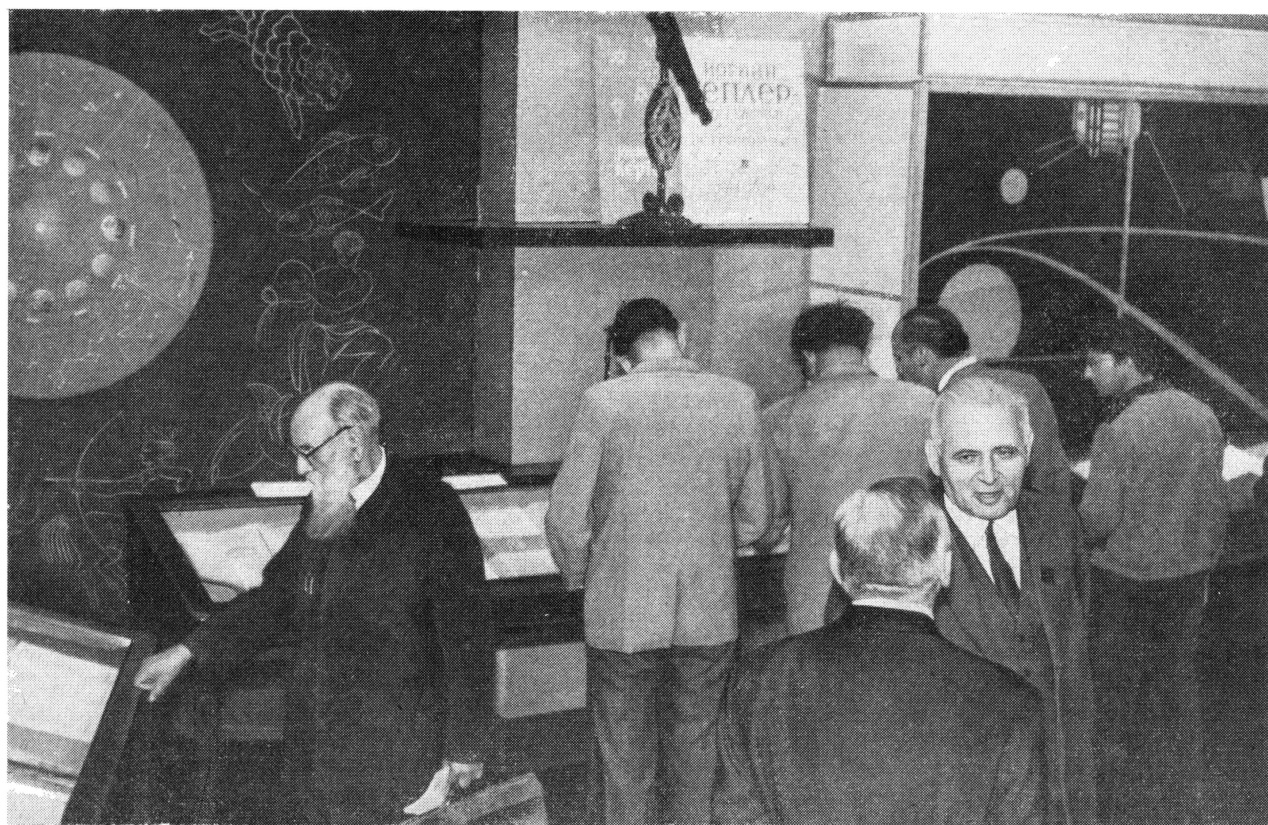
«Кеплер и современная физика» — так назвали свой доклад профессор Я. А. Смородинский и Ю. А. Данилов. Они подробно осветили научный метод Кеплера, который позволил ему предвидеть науку на много лет впе-

ред. Докладчикам — физикам XX века — мысли Кеплера кажутся необычайно современными.

Работам Кеплера в области оптики посвятил выступление академик В. П. Линник. Проанализировав основные труды Кеплера по оптике, В. П. Линник высказал мнение о том, что некоторые приемы в решении оптических задач и предложенные Кеплером инструменты могут найти применение в наши дни. Кандидат физико-математических наук В. Л. Ченакал познакомил участников симпозиума с астрономическими инструментами Кеплера.

Отношение Кеплера к гравитационной теории, его вклад в открытие всемирного тяготения были представлены в докладе профессора Г. Тредера (ГДР). Автор считает, что этот вклад и обоснование теории тяготения состоят, прежде всего, в формулировке трех кеплеровых законов.

Наряду с общеизвестными и общепризнанными научными достижениями Иоганна Кеплера, о которых говорили многие докладчики, профессор И. И. Шафрановский счел необходимым отметить приоритет Кеплера в области теоретической кристаллографии. В своем докладе «Иоганн Кеп-



У стенда, посвященного Иоганну Кеплеру

лер — основоположник структурной кристаллографии» И. И. Шафрановский дал анализ произведения Кеплера 1611 г. «Новогодний подарок, или о шестиугольном снеге». По мнению докладчика, это — первый кристаллографический трактат. «Обычно предъявляемые Кеплеру упреки в фантастичности и даже мистике его идей, связанных с гармонией мира, — сказал докладчик, — отпадают, когда вспоминают о силе земного тяготения и его влиянии на формы всех природных тел — камней, растений, животных, находящихся в сфере ее влияния. В известной мере Кеплер в этом вопросе — один из самых ранних предшественников Пьера Кюри, выдвинувшего принцип симметрии (1894)».

На симпозиуме было рассказано о работах Кеплера по теории движения Луны (профессор В. Торен, США) и исследованию комет (профессор Д. Хеллман, США), о пражском периоде жизни ученого и его друзьях Яне Ясенском, Мартине Бахачеке, Вацлаве Дубовце (профессор К. Хьюер, США), о 340-летней истории кеплеровского рукописного наследия, хранящегося в Ленинграде (доктор исторических наук Н. М. Раскин).

Сверх программы на симпозиуме были заслушаны еще четыре сообщения. Профессор А. Адам (Австрия) рассказал о праздновании юбилея Кеплера в других странах; профессор Д. Д. Иваненко сообщил о современных работах по теории относительности, связав их с идеями, высказанными Кеплером; профессор Э. Розен (США) прочел доклад «Коперниканизм Кеплера в связи с противоречиями между наукой и религией», а профессор Ж. Симон (Франция) — доклад «Астрология Кеплера и ее эпистемиологическое значение».

28 августа на заключительном заседании, когда научная программа Международного симпозиума была завершена, в зале погас свет и под звездным небом планетария прозвучал фрагмент из симфонии немецкого композитора Пауля Хиндемита «Гармония мира», посвященной великому ученому Иоганну Кеплеру.

З. К. СОКОЛОВСКАЯ
кандидат технических наук

Международный геохимический конгресс в Москве

Геохимия родилась в начале XX в. и считается молодой дисциплиной среди наук о Земле. Ее появление было обусловлено развитием рентгеновских методов изучения минералов, позволивших открыть законы расположения материальных частиц в структурах кристаллов, а также разработкой тонких методов химического анализа метеоритов, пород и минералов. Одним из основоположников геохимии наряду с В. М. Гольдшмидтом, Ф. У. Кларком, А. Е. Ферсманом по праву называют гениального русского естествоиспытателя В. И. Вернадского. Он был представителем новой науки — истории химических элементов в земных геологических процессах.

В 70-е годы нашего века быстро развиваются теории и методы геохимии, а геохимические методы поиска рудных месторождений занимают важное место в арсенале разведчиков недр.

Первый международный форум геохимиков был созван по инициативе Академии наук СССР и Международной ассоциации геохимии и космохимии в Москве 20—25 июля 1971 г. Около 1700 ученых, в том числе свыше 200 зарубежных гостей 25 стран, собрались в Актовом зале МГУ 20 июля.



Открывая конгресс, академик А. П. Виноградов сказал, что в настоящее время возникла необходимость перейти на физико-химической основе к системному геохимическому анализу наиболее важных геологических процессов, идущих в Земле. Главным объектом внимания участников конгресса стали земные процессы, ответственные за образование горных пород и месторождений полезных ископаемых.

Естественная классификация геологических процессов определила организационную структуру конгресса, работа которого проходила в четырех секциях. На заседаниях первой секции обсуждались глубинные магматические процессы, состав верхней мантии Земли, условия образования магм и причины появления разнообразных типов горных пород — традиционный круг вопросов, волнующих геохимиков и петрологов. Доклады ученых СССР, США, Японии, Франции пока-

зали, что современная техника сверх-высоких давлений (до 50 000 атмосфер) позволяет в лаборатории воссоздавать условия, которые должны быть на больших глубинах.

На конгрессе рассказывалось об интереснейших экспериментах, раскрывающих тайну происхождения базальтов и эглогитов — пород, образующихся при высоких давлениях в верхней мантии Земли.

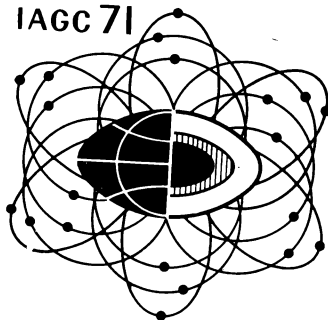
Результаты морских экспедиций в поисках мантии оказались достаточно успешными. Удалось выяснить, что ультраосновные породы срединных океанических хребтов — главные свидетели мантийных процессов, и что «океаническая» мантия развивается совсем не так, как мантия «континентальная».

Большой интерес вызвал доклад председателя конгресса академика А. П. Виноградова, посвященный теории образования ядер планет земного типа. Он рассмотрел процессы, протекающие в высокотемпературном протопланетном облаке и приводящие к концентрации элементов группы железа в ядрах рождающихся планет.

Геохимия процессов гидротермального рудообразования — предмет внимания второй секции. Постоянно растущие потребности человека в минеральном сырье предъявляют к геологам требования искать «слепые» рудные тела, не выходящие на поверхность. Здесь «глазами» может быть только геохимия. Есть немало примеров блестящего подтверждения геохимических прогнозов. Так, недавно советские ученые В. Л. Барсуков и А. Н. Волосов получили авторское свидетельство на открытие метода поисков рудных тел по ореолам рассеяния фтора во вмещающих породах. Этот метод был разработан на основании теоретических и экспериментальных исследований рудных растворов, в результате чего удалось предсказать и доказать формы переноса и осаждения рудных элементов в ходе рудообразовательного процесса.

Безусловно, центральное место в работе секции заняли проблемы физико-химической теории рудообразо-

IAGC 71



вания. Откуда поступают рудные элементы — из вмещающих пород или из глубинных подкорковых источников? Каковы виды химических соединений, в которые вступают медь, свинец и олово в гидротермальных растворах? Каков состав растворов, несущих руду, чего в них больше — воды или жидкой углекислоты? Вот перечень «острых» вопросов, ответ на которые сможет дать геохимикам теория рудообразования. Именно эти вопросы вызвали наибольшую дискуссию и были «гвоздем программы» второй секции.

Участники третьей секции обсуждали самые старые и самые сложные проблемы наук о Земле. Какова история преобразования осадочных пород в метаморфические (гнейсы, сланцы) и, наконец, в граниты. На эти вопросы в содружестве с геологами стараются ответить геохимики. По общему мнению делегатов, на конгрессе впервые был продемонстрирован геохимический подход к решению проблемы метаморфизма. В частности, некоторые исследователи доказали, что традиционные представления об отсутствии миграции вещества в метаморфическом процессе часто не соответствуют действительности. Многие рудные месторождения возникли вследствие переноса рудного вещества в условиях его преобразования в глубинных зонах земной коры.

Специалисты по геохимии осадочных пород (четвертая секция) с особым интересом заслушали доклады о глобальных проблемах осадконакопления. При сопоставлении древнейших и современных осадков воз-

никает ряд проблем общего порядка. Так, несомненно, появление жизни, особенно высших растений, на нашей планете повлекло за собой обогащение атмосферы свободным кислородом. Значит, условия, при которых происходило химическое выветривание горных пород и дальнейшая миграция минеральных частиц в докембрийский океан отличались от современных. Возможно, древние и современные бокситы, известняки и глины имеют разное «геохимическое лицо». Так ли это? Может быть, земной осадочный процесс и 3,5 миллиарда лет тому назад был таким же как сейчас? — Вот одна из проблем, которая была предметом обсуждения на конгрессе.

Увлекательные перспективы открываются перед исследователями глубоководных морских осадков. Современная техника позволяет геологам и геохимикам открыть закономерности появления современных морских известняков и других осадочных пород. О советско-американской экспедиции рассказал профессор А. П. Лисицын. Он изложил результаты исследований океанических осадков в Северной Атлантике.

После Международного геохимического конгресса состоялся симпозиум по международной программе «Человек и биосфера». В докладах академика А. П. Виноградова, члена-корреспондента АН СССР В. А. Ковды и американского ученого Э. Голдберга рассматривался геохимический аспект этой проблемы.

По единодушному мнению участников конгресса, первый международный форум геохимиков станет заметной вехой в истории молодой науки. Впервые в рамках научного конгресса была осуществлена попытка рассмотреть геологические процессы на нашей планете с позиций современной геохимии, т. е. на основе количественной оценки масштабов и форм проявления природных процессов.

В. П. ВОЛКОВ
кандидат геолого-минералогических наук

На Международной параллели

16 октября 1970 года, в ознаменование 40 летия Kitabской, международной широтной станции и реки Улугбека, заложена мраморная доска с надписью 39°08' и две направленные от её центра к востоку излучающие полосы длиной по 90 см. Они обозначают Северную международную параллель. На них отмечены места четырех других международных широтных станций: Мицузава и Юкайя - к востоку от Kitabа, Кирлофорт и Гейтерсбург - к западу.

Масштаб вдоль линеек в 1 см 2°

Участники всесоюзного совещания по проблеме построения инерциальной системы координат:

Шамшиев. Вильямс Карамин
 И. Ханович Виринский Витязев
 Антонел Шел В. Тугаев
 Ефремов
 Н. А. Попов Г. Г. Шавин
 И. П. Куликов - Каганович
 Н. Ткачуков Туркинов. В. Баламан
 Ибрагимов - Асанов Зюба
 Канжаев С. Дюков Б. Манатков
 Шоуба В. Ш. Ф. Хамзаева
 Бурханов К. М. Абдулалев
 Н. Чересбаев К. Гамбургев
 Джамбулов Х. И. Таймасов
 Хамдалов Ш. М. Абдулалев
 А. Зайков В. К. Кудурин
 Джамбулов К. Абулов
 Ф. Диев Б. Саитов
 И. Кобилев С. Зайков

16. 10. 70.

Проблема движения географических полюсов Земли — одна из актуальных в современной астрометрии, геофизике, геодезии. Перемещение полюсов вызвано изменением направления оси вращения Земли в теле самой Земли *.

Ось вращения Земли — основное координатное направление. Если ее положение непостоянно, непостоянны широты, а также и долготы точек на земной поверхности. Поэтому из наблюдений за изменениями широт избранных точек можно определять изменения в положении земных полюсов.

В 1895 г. на 11-й Международной геодезической конференции в Берлине было высказано пожелание об учреждении специальной службы для изучения движения полюсов Земли на основании систематических широтных наблюдений. В 1899 г. создание такой службы завершилось. В нее вошли пять станций: Мицузава (Япония), Чарджуй (Россия), Карлофорте (Италия), Гейтерсбург и Юкайя (США), равномерно расположенных по долготе на параллели $39^{\circ}08'$ северной широты, которая стала называться Международной, а служба — Международной службой широты (МСШ).

Из-за смены русла реки Амударьи и гражданской войны в Средней Азии широтная станция в Чарджуе с 1919 г. прекратила свое существование. Это обстоятельство затруднило работу МСШ и снизило точность определения координат мгновенного полюса. Возник вопрос о сооружении в Советском Союзе новой широтной станции на параллели $39^{\circ}08'$. Местом для ее постройки был выбран поселок Китаб

* А. А. Михайлов. Движение земных полюсов. «Земля и Вселенная», № 6, 1970 г.

Кашка-Дарьинской области. С ноября 1930 г. Китабская Международная широтная станция имени Улугбека непрерывно ведет наблюдения по программе МСШ. В 1948 г. на Международном астрономическом съезде в Цюрихе директор Центрального бюро МСШ Л. Карнера отметил, что «русская наука сделала большой вклад в дело Международной службы широты организацией широтных станций сперва в Чарджуе, а затем в Китабе» *.

В октябре 1970 г. исполнилось сорок лет деятельности Китабской Международной широтной станции. К этому времени было приурочено Всесоюзное совещание по проблеме построения инерциальной системы координат и организации наблюдений на зенитных трубах. Совещание было организовано Астрономическим советом АН СССР, Астрономическим институтом АН УзССР и Китабской Международной широтной станцией.

Инерциальная система координат необходима для изучения многочисленных явлений, связанных как с движением тел в Солнечной системе и в Галактике, так и со строением Вселенной. Она позволяет фиксировать положение небесных тел в определенные эпохи. Из сопоставления этих положений можно выявить различные закономерности. Инерциальная система координат, постоянно перемещающаяся в пространстве, должна сохранять неизменным направление своих осей, т. е. она должна перемещаться прямолинейно и равномерно и не

* К. А. Куликов. Изменяемость широт и долгот. М., 1962 г.



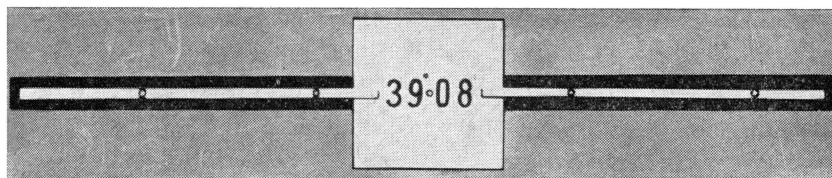
Академик АН УзССР В. П. Щеглов (крайний слева) и академик А. А. Михайлов (третий слева) готовят капсулу с актом

иметь никаких вращательных движений.

Астрономические системы координат, например экваториальная, обладают вращением и потому не могут

считаться инерциальными. Опорными точками экваториальной системы служат звезды, по возможности равномерно выбранные на небесной сфере, а ее основная плоскость и нуль-пункт задаются вращением и орбитальным движением Земли. Для максимально возможного приближения этой системы к инерциальной необходимо знать точные положения звезд и их собственные движения; постоянные величины, характеризующие вращательное и орбитальное движение Земли; учесть многочисленные факторы, влияющие на изменения этих величин со временем. Все эти вопросы и обсуждались на совещании в Китабе.

Совещание открыл академик А. А. Михайлов. С большим интересом уча-



Эта белая мраморная плита с обозначением «39° 08'» и узкими металлическими полосками, протянувшимися к западу и востоку от нее, закрепила на Земле Северную международную параллель. Под плитой замурована капсула с актом, текст которого подписали все участники совещания

стники прослушали доклад академика АН УССР Е. П. Федорова «О принципах построения координатных систем, применяемых в астрономии». Е. П. Федоров рассмотрел теоретические возможности установления координатных систем, не связанных и связанных с Землей и ее движением.

Кандидат физико-математических наук В. К. Абалакин в своем докладе «О некоторых вопросах построения инерциальной системы координат методами астрономии» остановился на принципах построения инерциальной системы отсчета. Он дал обзор современных методов решения задачи зарубежными учеными; привел поправки к значению постоянной прецессии и их точность.

Доктор физико-математических наук В. В. Подобед в докладе «Инерциальная система координат и некоторые задачи астрометрии» познакомил участников конференции со способами построения инерциальной системы координат, основанными на геометрическом, кинематическом и динамическом принципах, в зависимости от того, какие группы тел приняты для ее фиксации в пространстве (галактики, звезды, тела Солнечной системы). В. В. Подобед считает, что для создания инерциальной системы координат, отвечающей современным требованиям науки и практики, наряду с теоретическими разработками необходимо накопление высокоточных наблюдений внегалактических туманностей, звезд и тел Солнечной системы. При таких наблюдениях желательно максимально использовать фотографический метод.

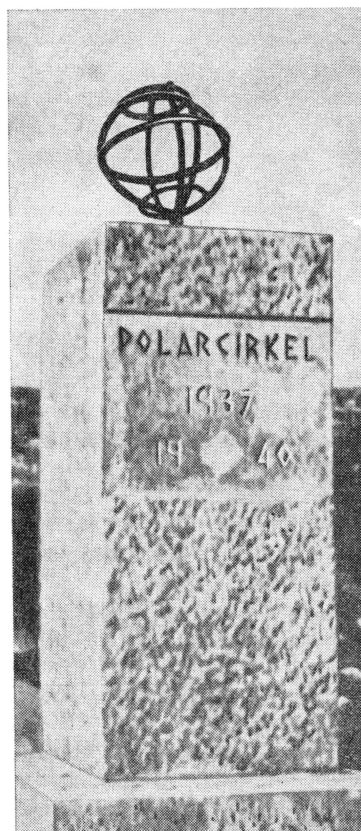
В связи с развитием методов космической геодезии весьма важное значение приобрело создание единой земной пространственной системы координат.

Доктор физико-математических наук И. Д. Жонголович в докладе «Установление геоцентрической системы координатных осей, связанных с Землей», детально исследовал влияние движения полюсов Земли на астрономо-геодезические работы.

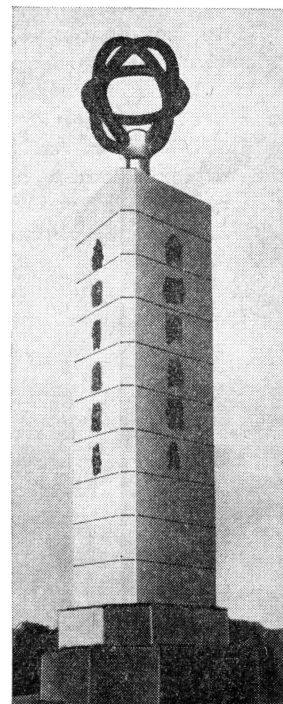
В докладе доктора технических наук А. А. Изотова «О приведении астрономических наблюдений к неподвижному полюсу» было показано, что



*Меридиан 15°, Гмюнд
(Австрия)*



*Северный полярный круг,
Норвегия*



Северный тропик, КНР



Экватор, Кения

Памятники, отмечающие на земле важнейшие астрономо-геодезические линии (фотографии заимствованы из журнала «Die Sterne», 46, 4, 1970)

в разные времена географические долготы приводились к разным средним положениям полюса. А. А. Изотов дал формулы для приведения географических долгот к единому неподвижному полюсу.

Движение земных полюсов сильно сказывается на результатах астрономических и астрономо-геодезических измерений. Над повышением точности определения координат полюса Земли уже многие годы работают крупнейшие астрометристы. Этот вопрос был рассмотрен в докладе академика А. А. Михайлова «Фотографическая зенитная труба». А. А. Михайлов считает, что установка такого инструмента на станциях Международной службы широты позволит с большей точностью наблюдать за движением полюсов. По наблюдениям на зенитной трубе может быть определена не только широта, но и долгота. Накопление такого материала даст возможность судить о движении отдельных материков. Пулковскую фотографическую зенитную трубу предполагается перенести в Китаб.

В настоящее время в нашей стране наблюдения с фотографической зенитной трубой ведутся только в Государственном астрономическом институте имени П. К. Штернберга. С методами работы на этом инструменте, обработкой результатов и точностью измерений познакомил собравшихся кандидат физико-математических наук Д. Н. Пономарев.

16 октября 1970 г. состоялось торжественное заседание, посвященное сорокалетию Китабской Международной широтной станции имени Улугбека. Академик АН УзССР В. П. Щеглов в докладе «История широтных исследований в Средней Азии до 1954 года» отметил, что высокоточные для своего времени наблюдения знаменитого узбекского астронома Улугбека получили достойное продолжение в работах астрономов Ташкентской обсерватории, Чарджуйской и Китабской широтных станций. О научной и общественной работе коллектива станции рассказал ее директор, кандидат физико-математических наук А. М. Калмыков. В адрес станции присланы многочисленные поздравления.

В этот же день произошло еще одно знаменательное событие. По инициативе академика АН УзССР В. П. Щеглова на территории Китабской широтной станции был установлен бетонный монолит размером $250 \times 80 \times 50$ см, закрепляющий положение Международной географической параллели $39^{\circ}08'$ с. ш. В нем укреплен мраморная плита с надписью « $39^{\circ}08'$ » и две направленные от ее центра к востоку и западу металлические полосы длиной по 90 см. Они и обозначают Северную международную параллель в масштабе: 1 см равен 2° . На металлических полосках отмечены места четырех других Международных широтных станций: Мицузава и Юкайя — к востоку от Китаба, Карлофорте и Гейтерсбург — к западу. Под мраморной плитой была оставлена камера для капсулы с текстом акта, подписанного всеми участниками совещания. Почетное право заложить капсулу предоставили академику А. А. Михайлову. Около памятника участники совещания посадили сорок деревьев.



ЗАКОН О МЕТЕОРИТАХ

Попечитель Британского музея лорд Крейнбрук внес на рассмотрение Палаты лордов билль, предусматривающий, что «все метеориты, которые падают на территорию Великобритании, должны автоматически становиться общегосударственным достоянием». Главное назначение законопроекта — устранить препятствия и проволочки, чинимые владельцами находок оперативному обследованию на радиоактивность только что упавших метеоритов. Как известно, распад некоторых короткоживущих изотопов, образующихся в метеоритах под действием космических лучей, желательно регистрировать в течение немногих недель и даже дней после падения.

«Meteoritics», 6, 2, 1971.

Закрепление на Земле основных астрономо-геодезических линий имеет свою историю. В разных государствах и в разные эпохи устанавливались простые, а иногда грандиозные сооружения. Известны памятники, фиксирующие на поверхности Земли меридианы, например Нулевой меридиан в Гриниче, Пулковский меридиан в Ленинграде, меридиан 15° в австрийском городе Гмюнде. Воздвигнуты сооружения, отмечающие на Земле линию экватора (в Южной Америке близ Кито — столицы Эквадора и в Африке, на территории Кении и Уганды), Северный полярный круг (в Норвегии), Северный тропик (в Китае) и другие.

Памятник в Китабе отметил на Земле еще одну из важнейших астрономических линий — Северную международную параллель.

М. Г. КАГАНОВСКИЙ
О. С. ТУРСУНОВ

кандидат физико-математических наук

Фото авторов

НА МЕСТЕ ВСПЫШКИ СВЕРХНОВОЙ 1181 ГОДА

Радиоисточник 3С 58 в созвездии Кассиопеи давно уже рассматривался как радиотуманность, образовавшаяся в результате вспышки Сверхновой звезды. Изучение старинных китайских и японских летописей позволило английскому астроному Ф. Р. Стифенсону отождествить этот объект со Сверхновой, вспыхнувшей в 1181 г. и наблюдавшейся в Китае и Японии. Ее положение указано довольно точно по отношению к группе слабых звезд в Кассиопее. Менее одного градуса отделяет Сверхновую от радиоисточника 3С 58. Эта Сверхновая звезда — пятая, вспыхнувшая за наше тысячелетие в Галактике (остальные вспыхивали в 1006, 1054, 1572 и 1604 гг.).

«Sky and Telescope», 42, 3, 1971.

Совещание, посвященное проблеме Тунгусского метеорита

Тунгусская катастрофа — совершенно уникальное явление природы, интерес к которому не угасает*. Эта проблема обсуждалась на совещании, проводившемся в апреле 1971 г. в Новосибирске. Во время работы совещания было заслушано свыше 30 докладов и сообщений.

В последние годы продолжались исследования эффектов, произведенных непосредственно взрывом (вывал и ожог леса), и последствий падения (увеличение прироста растительности и другие). В. Г. Фаст (Томский университет) привел новые данные о размерах и форме области вывала леса и его «внутренней структуре». Для этого потребовалось измерить направление повала более 50 000 деревьев. В. А. Воробьев (Комиссия по метеоритам и космической пыли СО АН СССР) и С. А. Разин (Томский университет) сообщили об исследованиях теплового поражения ветвей деревьев. Изучались магнитные свойства почв (С. Д. Сидорас, А. П. Бояркина, Красноярское геологическое управление, Томский университет) и термолюминесценция пород в районе катастрофы (Н. В. Васильев и В. К. Журавлев, Комиссия по метеоритам и космической пыли СО АН СССР). Анализировалась связь Тунгусского взрыва с оптическими аномалиями и осадками лета 1908 г. (В. Г. Фаст, Томский университет).

* В. Г. Фесенков. Тунгусское явление 1908 года. «Земля и Вселенная», № 3, 1968 г.

Несколько работ было посвящено определению мощности и высоты взрыва, а также направлению траектории и угла падения. В. А. Бронштэн (ЦС ВАГО), учтя распространение взрывной волны в неоднородной атмосфере, оценил мощность взрыва в 10^{24} эрг, что эквивалентно взрыву 30 млн. тонн тротила. Форму ударной волны по картине вывала леса попытался определить И. Т. Зоткин (Комитет по метеоритам АН СССР). Если у различных авторов оценки мощности, высоты взрыва и положения траектории близки, то для величины угла падения получены значения от 10° (А. В. Золотов, ВНИИ Геофизики, Волго-Уральский филиал) до 45° (И. Т. Зоткин). Недавно к расчетам ударных волн Тунгусского метеорита подключились сотрудники Математического института имени В. А. Стеклова, и можно надеяться, что в скором времени задача вычисления всех параметров взрыва по картине вывала леса будет решена до конца.

Успешно продолжались поиски космического вещества. Раньше для исследования брались образцы почв. В них трудно было отделить космические шарики, относящиеся к 1908 г., от ежедневно выпадающей на Землю космической пыли. Теперь для анализа используются столбики, вырезанные в торфяниках. В слоях, близких к 1908 г., наблюдается резкое увеличение числа силикатных шариков со своеобразным химическим составом (доклады Н. В. Васильева, Ю. А. Льво-

ва и Ю. А. Гришина, Комиссия по метеоритам и космической пыли СО АН СССР, Институт геологии и геофизики СО АН СССР, Томский университет, Томское отделение ВАГО). К сожалению, пока не доказано, что все эти шарики представляют собой именно распыленное вещество космического тела, а не поднятую взрывом и оплавленную земную пыль.

Д. В. Демин (Комиссия по метеоритам и космической пыли СО АН СССР) сообщил результаты анализа около 1300 образцов почв на содержание в них различных химических элементов. В районе катастрофы не найдено следов распыления большого количества метеоритного вещества обычного химического состава.

Очень горячо обсуждалась на совещании природа Тунгусского взрыва. Отдельные факты, которые ранее, казалось, подтверждали гипотезу ядерного взрыва, теперь объясняются совсем другими причинами. Так, А. В. Золотов ошибочно считал, что о ядерной природе взрыва свидетельствуют записи воздушных волн и колебания земной коры, сделанные на нескольких сейсмических станциях мира. По мнению сейсмолога И. П. Пасечника (Институт физики Земли АН СССР), тщательно изучавшего эти записи, в них не содержится никаких особенностей, указывающих на ядерную природу Тунгусского взрыва.

Вопрос о радиоактивности в районе падения обсуждается вот уже более 10 лет. Сторонники «ядерной»

гипотезы всячески старались доказать наличие «радиоактивной аномалии» в этом районе. Действительно, ядерный взрыв должен был увеличить радиоактивность местности. Однако, несмотря на тщательные поиски, повышения радиоактивности над обычным уровнем обнаружено не было (Е. В. Кириченко, Институт прикладной геофизики).

По предложению автора статьи, в лаборатории космохимии Института геохимии и аналитической химии АН СССР под руководством профессора А. К. Лаврухиной проведена экспериментальная проверка: не был ли Тунгусский взрыв аннигиляционным или термоядерным? Такой взрыв должен обязательно сопровождаться мощным потоком нейтронов. Нейтроны легко взаимодействуют с ядрами различных элементов. В результате образуются радиоактивные и стабильные изотопы. Эти изотопы должны были бы образоваться и в горных породах под эпицентром взрыва.

Наиболее удобен для проверки действия нейтронного потока радиоактивный изотоп аргон-39. Естественный аргон-39 встречается только в метеоритах. Если бы его удалось обнаружить в образцах минералов, взятых под эпицентром взрыва, тогда можно было бы совершенно определенно утверждать, что аргон-39 образовался под действием нейтронного потока, сопровождавшего взрыв. Период полураспада аргона-39 — 270 лет. За прошедшие со дня катастрофы 63 года могло распасться лишь около 15% его первоначального количества. Не мог аргон-39 и улечься из минералов. Он возникает под действием нейтронов из широко распространенного элемента — калия.

Многочисленные исследования показали, что полученный из калия аргон удерживается в кристаллической решетке минералов даже в течение миллионов лет.

Так как Тунгусский взрыв произошел на значительной высоте, то нейтронный поток, падающий на поверхность Земли, должен был сильно ослабеть в результате взаимодействия с воздухом. Однако для быстрых нейтронов, возникающих при аннигиляционном и термоядерном взрывах, ослабление не столь значительно. Радиоактивность аргона-39 в исследованных образцах должна в 100 раз превосходить уровень радиоактивности, который могут уловить специальные установки, сконструированные в лаборатории космохимии. Однако тщательные исследования образцов, привезенных с места катастрофы, показали отсутствие аргона-39. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют против ядерной природы взрыва.

Г. Ф. Плеханов (Томский университет) пересмотрел отдельные факты, якобы косвенно указывающие на повышенную радиоактивность местности. Так, хорошо известно, что у сосен, выросших в районе вывала леса после 1908 г., наблюдается повышенное количество треххвойных пучков (обычно у сосны растут в пучке две хвоинки, три встречаются редко). Это увеличение приписывалось действию радиоактивного излучения на семена растений. В самом деле, после облучения семян происходят мутации растений. В Институте цитологии и генетики СО АН СССР были проведены опыты по выращиванию деревьев из семян, подвергнутых действию радиации. Выросшие деревья имели не

один, как в районе Тунгусской катастрофы, а 32 признака мутации. Таким образом, увеличение количества треххвойных пучков у сосен в районе падения объясняется тем, что улучшились условия произрастания деревьев в результате вывала и пожара леса.

С этими же причинами связан и ускоренный рост деревьев после катастрофы. В результате вывала леса улучшился световой режим, интенсивнее стала прогреваться почва и отступать вглубь вечная мерзлота, что и вызвало резкое усиление роста деревьев. Интересно, что в районе падения другого космического пришельца — Сихотэ-Алинского метеорита — также увеличился прирост деревьев. Сихотэ-Алинский метеорит — самый обычный, правда, очень большой железный метеорит. Во время его падения хвоя у многих кедров была сбита, и старые кедровые погибли. Этого оказалось достаточно, чтобы молодые деревья дали значительный прирост древесины. Вот так просто объясняются «биологические загадки» в районе Тунгусской катастрофы.

Большинство ученых считает, что Тунгусская катастрофа — результат столкновения с Землей небольшой кометы, ядро которой испытало надземный тепловой взрыв, а вещество хвоста обусловило свечение неба на громадной территории. Но многое в этом явлении продолжает оставаться неясным. Поэтому-то и необходимы дальнейшие исследования Тунгусской катастрофы, проводящиеся сейчас с участием специалистов из самых различных областей знания и самыми разными методами.

Е. М. КОЛЕСНИКОВ
кандидат технических наук



ГИДРОКСИЛ В ДРУГИХ ГАЛАКТИКАХ

Астроном Медонской обсерватории Л. Вельяшев, работая на радиointерферометре обсерватории Оуэнс Валлей (США), обнаружил гидроксил (OH) в галактиках М 82 в

созвездии Большой Медведицы и NGC 253 в созвездии Скульптора. Л. Вельяшев наблюдал характерную для гидроксила длину волны 18 см не в излучении, а в поглощении,

используя то обстоятельство, что в центре обеих галактик есть мощные источники радиоизлучения, имеющие непрерывный радиоспектр. На длине волны 18 см были зарегистрированы полосы поглощения гидроксила. Это — первые молекулы, открытые за пределами нашей Галактики.

«Science News», 100, 4, 1971.

И. А. РЕЗАНОВ
кандидат геолого-минералогических
наук

Обмен веществом между корой и мантией Земли

Хорошо известен круговорот воды в природе. Влага, испаряясь с земной или водной поверхности, поднимается в атмосферу, где она конденсируется и выпадает на Землю дождем или снегом. Есть данные, свидетельствующие, что кругообращение вещества происходит и в твердой Земле. Материал земной коры, накапливающийся на дне водоемов или в межгорных впадинах, погружается, достигая мантии Земли, а оттуда путем вулканических извержений возвращается на земную поверхность. Конечно, аналогия с круговоротом воды неполная. Обмен земного вещества совершается в миллионы раз медленнее, чем круговорот воды, и вряд ли найдется много мест, где круговой цикл завершился полностью хотя бы один раз. В природе происходит лишь частичное обращение: в одних геологических зонах коры вещество погружается в мантию Земли, в других — мантийный материал выносится в виде газов, пепла и лавы.

ЧЕМ СЛОЖЕНА КОРА И ВЕРХНЯЯ МАНТИЯ ЗЕМЛИ?

Земной корой называют наружный слой планеты, ограниченный сверху воздушной или водной оболочками, а снизу — границей Мохоровичича (М). Под материками граница М проходит на глубине 30—50 км, под океаном — 6—20 км. Ниже, до глубин

2900 км, располагается мантия Земли, первые 1000 км которой именуются верхней мантией.

Земная кора состоит из трех основных слоев: осадочного (песчаники, глины, известняки и т. д.), гранитного и базальтового. К «гранитному» слою относят породы, в которых продольные волны распространяются со скоростью 5,5—6,5 км/сек. В «базальтовом» слое скорости сейсмических волн выше, 6,4—7,7 км/сек. Породы там более уплотнены и содержат мало кремнекислоты и много окислов магния и железа. В горных породах, залегающих глубже поверхности М, т. е. в породах верхней мантии Земли, сейсмические волны бегут еще быстрее, более 8 км/сек.

Существуют две гипотезы, объясняющие, почему столь резко ускоряются сейсмические волны в глубинах Земли. Может происходить изменение химического состава земных недр, а также уплотнение горных пород. Во втором случае верхи мантии сложены эклогитом, горной породой, состоящей из минералов (гранат + моноклиновый пироксен) с плотной упаковкой атомов. Обе гипотезы в настоящее время занимают равноправное положение, поскольку они удовлетворяют тем сведениям о земной мантии, которыми мы располагаем. Вероятно, в одних геологических зонах верхняя мантия формировалась из ультраосновных пород — дунитов и перидотитов, состоящих почти целиком из минерала оливина, а в дру-

гих — из эклогитов*. Об этом свидетельствуют и некоторые различия в физических свойствах верхних слоев мантии, и геологические данные.

Замечательная особенность верхней мантии — существование слоя пониженной вязкости — астеносферы. Расчеты показывают, что в этом слое, расположенном на глубинах 100—200 км, происходит перетекание земного материала, находящегося, по видимому, частично в аморфном состоянии. Здесь характерно незначительное замедление сейсмических волн, и слой часто проявляет себя как волновод — канал, проводящий сейсмическую энергию.

СКОРОСТЬ ПРОГИБАНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Геологические процессы на нашей планете в конечном итоге приводят к опусканию земной поверхности и накоплению осадков. Поднятие земной коры и сопровождающий его размыв горных пород — явление более редкое, чем прогибание. В этом легко убедиться, если посмотреть на геологическую карту. На 80% площади суши распространены породы, образовавшиеся в палеозойскую, мезозойскую и кайнозойскую эры, т. е. в последние 550 млн. лет, и только на

* Ю. С. Генштафт, А. Я. Салтыковский. Земля «под прессом». «Земля и Вселенная», № 6, 1969 г.

20% обнажены более древние породы. Это означает, что на 80% площади материков за названный отрезок времени преобладало опускание и только на 20% — поднятие.

Опускание происходило в разных участках с различной скоростью. На огромных пространствах тектонических платформ опускание было незначительным — сотни метров или несколько километров. Но существуют геологические зоны, где скорость погружения в десятки раз больше. Они именуются геосинклинальными зонами. За этот же период (550 млн. лет) там накопились толщи пород в 10—40 км.

В настоящее время почти общепринято мнение, что расположение геосинклинальных прогибов определяется глубинными разломами, которые рассекают земную кору и уходят в мантию. Положение очагов землетрясений свидетельствует, что некоторые разломы проникают в мантию до глубины 200—700 км, т. е. достигают астеносферного слоя. В этих узких зонах кора и мантия Земли обмениваются веществом.

Одной из хорошо изученных геосинклинальных зон, возникших вдоль глубинного разлома, является Южно-Кавказско — Балханский прогиб, протяженностью в 2000 км. Интенсивное погружение в прогибе продолжается. За последние 12 млн. лет эта геосинклинальная зона опустилась более чем на 10 км. Здесь, вероятно, возникли условия, при которых легкий материал коры затягивался в мантию.

Строение геосинклинальных прогибов показывает, что накопление осадков происходило длительно — сотни миллионов лет. Общее опускание Южно-Кавказско — Балханской геосинклинали за альпийский этап (180 млн. лет) составило около 20 км, а за герцинский и альпийский вместе (последние 380 млн. лет) около 40 км. Таким образом, в этом прогибе за 380 млн. лет, т. е. за десятую долю всего времени существования земной коры, накопилась толщина осадков, равная мощности континентальной коры. Если бы такая скорость осадконакопления сохранилась в течение всего периода существования земной коры (3,5—4,0 млрд. лет) и периоды нако-

пления осадков не прерывались бы продолжительными эпохами поднятий, то суммарная мощность осадков составила бы несколько сот километров!

ЭКЛОГИТОВЫЙ БАРЬЕР

Что же произошло с тем материалом коры, который залегал под альпийским и герцинским осадочными комплексами Южно-Кавказско — Балханского прогиба? Под прогибом «гранитный» слой полностью выклинивается. Есть все основания считать, что «гранитный» слой исчез в результате вторичного процесса, проявившегося уже после образования прогиба. Об этом свидетельствует мощный «гранитный» слой по обе стороны от прогиба. На примере Южно-Кавказско — Балханского прогиба можно проследить процесс погружения осадков в мантию Земли. Начавшееся на поверхности накопление осадков сопровождается общим погружением всей толщи коры до тех пор, пока граница М не опустится до глубины 45—50 км. Ниже граница М не погружается. Следующая фаза в эволюции коры проявляется в утонении «базальтового» слоя, нижние горизонты которого, пересекая границу М, приобретают свойства мантии. Когда «базальтовый» слой утонится до 10—12 км, дальнейшего сокращения его мощности уже не происходит. Продолжающееся осадконакопление сопровождается теперь выклиниванием «гранитного» слоя и погружением его в «базальтовый».

Таким образом, в условиях континентальной коры процесс поглощения осадков мантией Земли оказывается двухступенчатым. Сначала породы «гранитного» и осадочного слоев приобретают свойства «базальтового» слоя, затем «базальтовый» материал погружается в мантию.

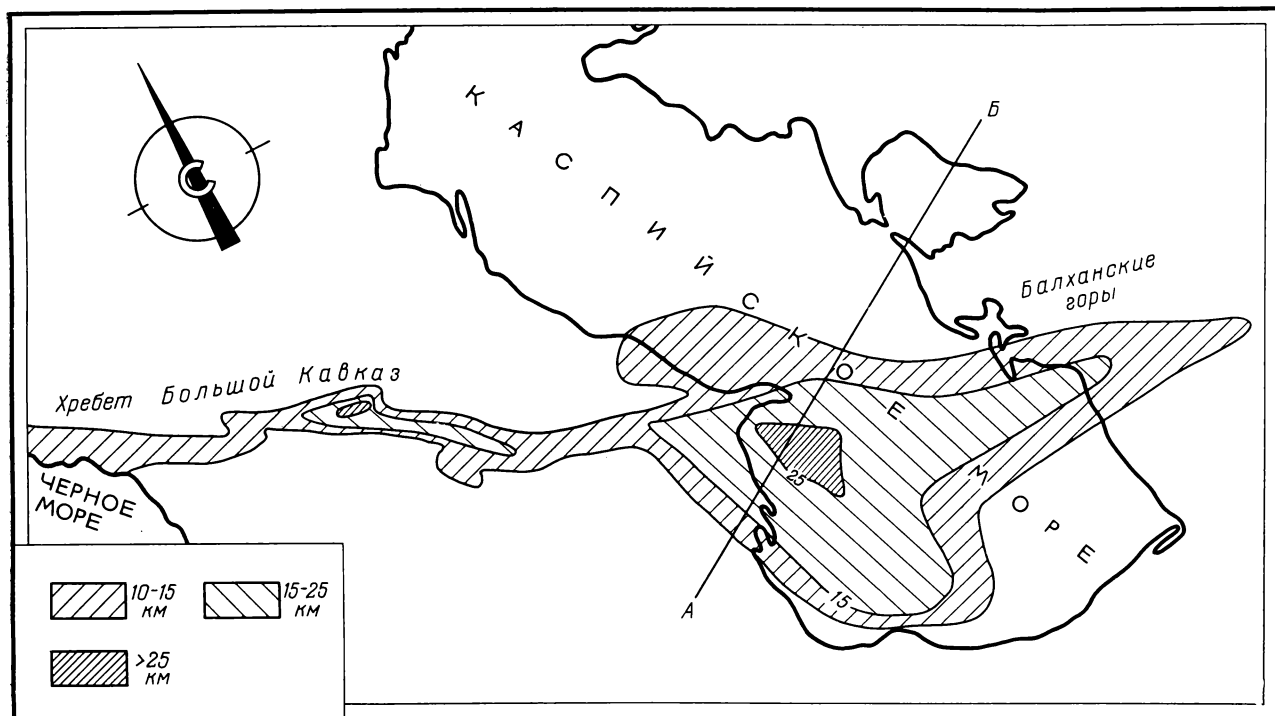
Зная по сейсмическим данным глубины, на которых происходит преобразование корового материала в мантийный, и средние значения теплового потока, нетрудно рассчитать давление и температуру на границе М. Преобразование «базальтового» слоя в материал мантии происходит при давлении 12—15 кбар и температуре $800 \pm 200^\circ$. Эти цифры очень близки

тем значениям давления и температуры, при которых образуются мантийные эклогиты, выброшенные из верхней мантии по алмазонасыщенным трубкам взрыва. Вероятнее всего, что на глубине 40 км под геосинклинальным прогибом проходит эклогитовый барьер, пересекая который погружающийся материал коры приобретает свойства земной мантии.

ЭФФЕКТ ВОРОНКИ

Оценим объем материала, опустившегося в мантию за определенный отрезок геологической истории Земли. Наиболее точные сведения есть для последнего (альпийского) этапа. При ширине Южно-Кавказско — Балханского геосинклинального прогиба 20—40 км за 180 млн. лет накопилось в среднем 10—20 км осадков. Мощность коры под прогибом нигде не превышает 45—50 км. Такая же мощность коры характерна и для непрогибавшихся областей. Следовательно, мы можем считать, что ниже границы М опустилась и приобрела свойства мантии масса земной коры, равная мощности накопившихся осадков. Если принять среднюю ширину прогиба 30 км, а среднюю мощность осадков 15 км, то на каждый километр длины прогиба в мантию погрузилось 450 км^3 вещества коры. На самом деле в мантию погружается не только тот материал коры, который находится под прогибом, но и значительные массы с периферии. Здесь действует «эффект воронки», когда прогибание в какой-то локальной зоне сопровождается сползанием материала с периферических частей зоны опускания. На существование такого эффекта указывают и геологические данные, и результаты сейсмического зондирования.

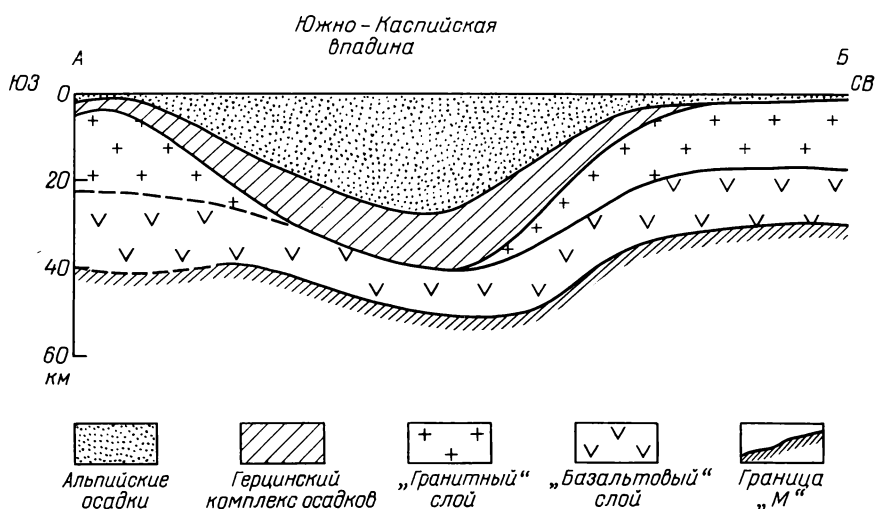
Геологами замечено, что после образования грабена, т. е. узкой впадины, ограниченной с обеих сторон разломами, происходит погружение довольно широкой области, расположенной по обрамлению этого грабена. Такие краевые зоны опусканий известны почти повсеместно. Можно предположить, что на некоторой глубине в земной коре, скорее всего в «базальтовом» слое, происходит



Южно-Кавказско — Балханский прогиб пересекает Каспийское море. В его осевой части обнаружены огромные (до 200 мгал) отрицательные изостатические аномалии силы тяжести. Такие же аномалии наблюдаются и в глубоководных океанических желобах. Это свидетельствует, что подобные прогибы и желоба являются зонами, где еще не закончился геосинклинальный процесс. Показаны мощности осадков, накопившихся за 180 млн. лет (альпийский этап)

перетекание корового материала в направлении к грабену. Затем по ослабленной разломами зоне вещество засасывается в мантию. На платформах процесс «перетекания» материала происходит медленнее, чем в геосинклиналях, но охватывает большие площади.

Недавно появились геофизические данные, подтверждающие гипотезу о сгруживании материала «базальтового» слоя к осевой части прогиба. Так, Северо-Устьуртская впадина прогибалась в среднем и верхнем палеозое и в мезозое. Верхние границы, расположенные более или менее параллельно друг другу, свидетельствуют о равномерном погружении. Мощность же «базальтового» слоя по оси впадины в 1,5—2 раза выше, чем по ее обрамлению. Такое увеличение мощности «базальта» под осевой частью впадины — явление вторичное. Оно вызвано перетеканием материала с флангов прогиба к его оси.



Профиль через наиболее глубокую часть Южно-Каспийской впадины (разрез по линии АБ на первом рисунке). Видно, как выклинивается под впадиной гранитный слой

Наиболее полно эффект воронки сказывается в зонах пересечения геосинклинального прогиба с поперечными ему зонами опусканий. Сгущение материала здесь происходит со всех сторон. Такая геологическая обстановка наблюдается в центре Южно-Каспийской впадины. Там, на пересечении Южно-Кавказско — Балханского прогиба и меридиональной зоны опусканий, располагается центр одного из действующих в настоящее время каналов, по которому коровый материал поступает в мантию Земли. Эта область интенсивных опусканий устойчиво сохраняет свое положение в течение 380 млн. лет. Горлышко воронки, характеризующееся максимальными мощностями осадков (20—25 км за 180 млн. лет), имеет диаметр около 50 км. В канал поступает материал из области диаметром не менее 100 км. При мощности осадков 20 км его объем составляет 10 000 км³. Следовательно, при диаметре 50 км только за альпийский этап канал заполняется коровым материалом на 80 км ниже границы М, т. е. до астеносферного слоя. Но столь интенсивное погружение земного материала в мантию — редкое ис-

ключение. В большинстве геосинклинальных прогибов только в течение 2—3 геотектонических этапов эклогитизированный коровый материал достигает астеносферного слоя. Попад в астеносферу, он перемещается в горизонтальном направлении на значительное расстояние. О том, что в зоне астеносферы действительно есть эклогиты, свидетельствуют исследования Б. Г. Лутцем мантийных пород, поднятых по трубкам взрыва. Он считает, что на глубине 150—200 км обособляются метаморфические породы базальтового состава — алмазоносные эклогиты с повышенным содержанием железа, титана и щелочей.

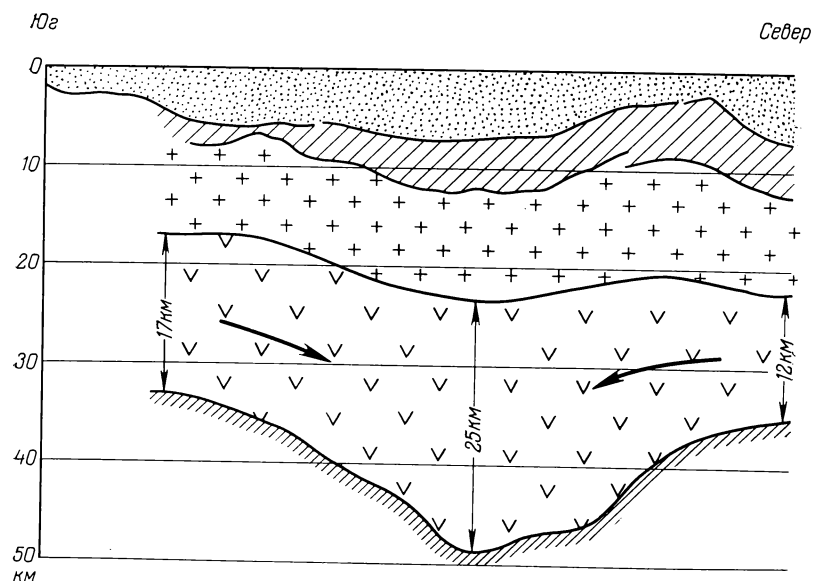
ВУЛКАНИЗМ ФОРМИРУЕТ ЗЕМНУЮ КОРУ

Постоянное заполнение прогибов осадками и погружение материала коры в мантию Земли возможно лишь в том случае, если существует механизм, действующий в обратном направлении и выносящий мантийное вещество на земную поверхность. Эту функцию выполняет вулканизм. Установлено, что большинство вулканов

имеют каналы, уходящие в мантию Земли. Разнообразные по своему виду и химическому составу продукты вулканической деятельности — лавы, вулканические бомбы, пеплы, газы — результат частичного выплавления мантии. По расчетам Е. К. Мархинина, самые сильные вулканические извержения, происшедшие после 1800 г., исключая лавовые потоки, выбросили 260 км³ пепла. Это не менее 3 млрд. т вулканической пыли в год, т. е. в результате вулканической деятельности должно накопиться такое количество материала, которое сопоставимо с массой земной коры всех континентов. По мнению Е. К. Мархинина, земная кора образована в основном вулканическими продуктами, поступившими из мантии.

Интересно сравнить объемы материала, погружившегося в мантию, и объемы вулканических продуктов, вынесенных из мантии за один год. В. Е. Хаин и А. Б. Ронов подсчитали, что за герцинский этап на континентах земного шара накопилось $2 \cdot 10^8$ км³ осадков, или $5,5 \cdot 10^8$ млрд. т, что составляет в год 2,75 млрд. т. Цифры оказались сопоставимыми.

Гипотеза обмена веществом между корой и мантией объясняет различия в скорости сейсмических волн на границе М. Под зонами современного вулканизма (Курильская вулканическая дуга или срединно-океанические хребты), являющимися каналами, по которым поднимается материал из мантии, скорости под границей М понижены (7,6—7,8 км/сек). Выносимый материал имеет более кислый состав, чем мантия, частично он кристаллизуется в канале, что определяет пониженные скорости под границей М в этих зонах. Иная обстановка в прогибах, где коровый материал погружается в мантию. Скорости там на границе М выше средних (8,2—8,5 км/сек). Процесс поглощения материала коры мантией сопровождается образованием эклогитов. Экспериментально установлено, что мантийные эклогиты при давлении 10—20 кбар характеризуются значениями скорости 8,4—8,6 км/сек. Следовательно, повышенные скорости ниже границы М под прогибами закономерны.



Вертикальный разрез земной коры через Северо-Устьюртский прогиб. Стрелками показано перемещение «базальтового» слоя к центру прогиба, где толщина слоя увеличена в 1,5—2 раза. Условные обозначения те же, что и на предыдущем рисунке

ЧТО НЕ УЧАСТВУЕТ В КРУГООБОРОТЕ?

В процессе вечного кругооборота воды происходит постоянное изменение ее химического состава. В атмосферу уносится вода, обогащенная протием, наиболее легким из трех известных изотопов водорода. Отличается атмосферная вода от морской и пресной также и содержанием изотопов кислорода. В обращении земного материала различия в составе поступающих из глубин вулканических про-

дуктов и погружающихся в мантию осадков более существенны. Но прежде чем называть эти различия, подчеркнем удивительное сходство среднего химического состава материала, погружающегося в мантию, и поднимающегося оттуда вещества.

Из мантии поступало и поступает на земную поверхность огромное количество базальтов — вулканических пород основного состава (первая графа таблицы). Их средний химический состав близок составу мантийных экологитов. Следовательно, обмен веществом между корой и мантией не приводит к существенному измене-

нию химического «лица» коры. Средний же химический состав вулканических продуктов островных дуг и континентальной коры почти одинаков (см. вторую и третью графы таблицы). Обратите внимание, что содержание наиболее распространенных окислов (кремния, алюминия, железа, магния и кальция) практически тождественно. Но изменения все же есть (см. третий и четвертый столбцы таблицы). В процессе экологитизации корового материала выносятся SiO_2 , Na_2O , K_2O и радиоактивные элементы. Погружаясь в мантию и пересекая экологитовый барьер, материал земной

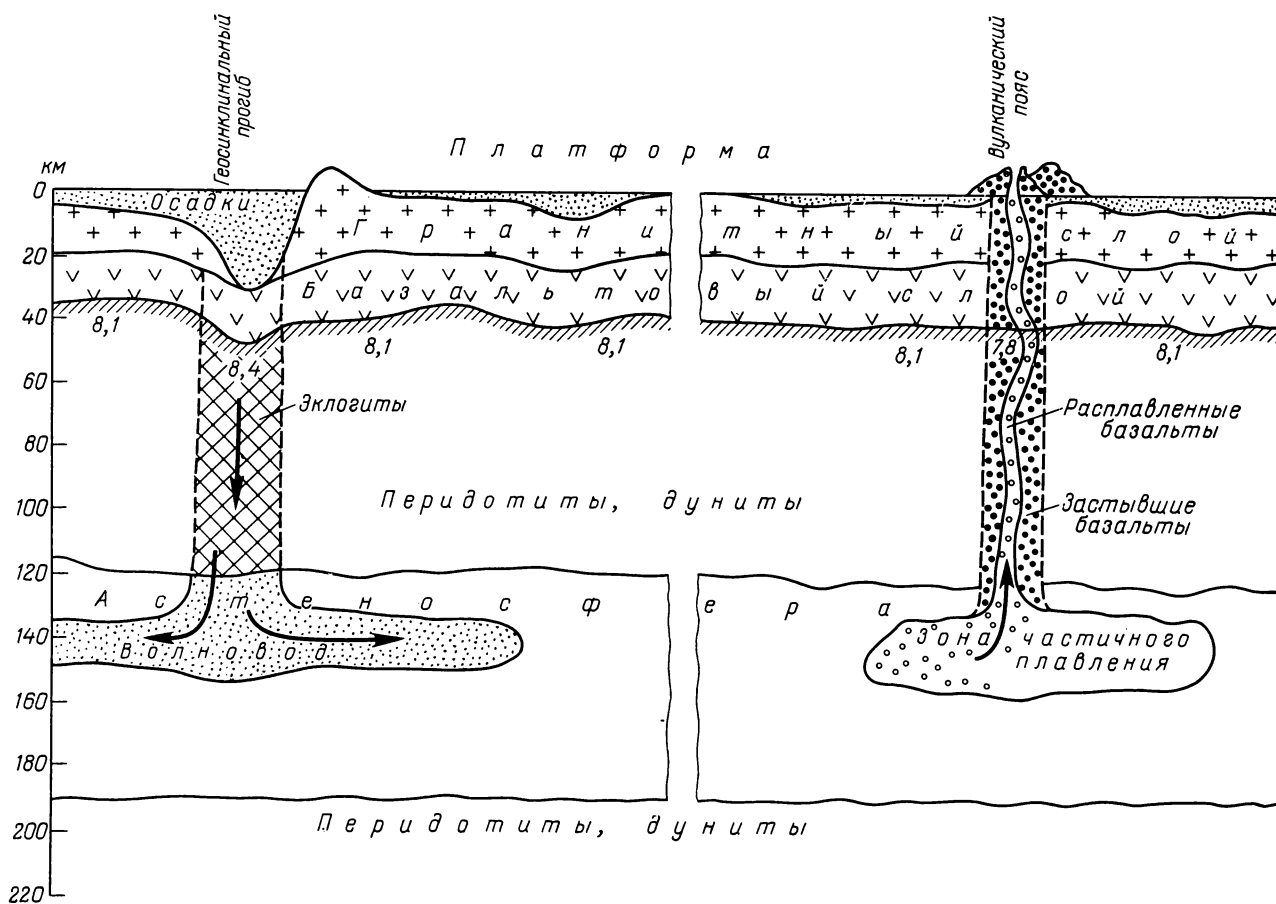


Схема обмена веществом между корой и мантией Земли. Цифрами обозначены скорости сейсмических волн под границей Мохоровичича

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ, ЗЕМНОЙ КОРЫ И ВЕРХНЕЙ МАНТИИ

Оксиды	Химический состав базальтов (траппов) Сибирской платформы	Средний состав вулканических продуктов Курильских островов (по Е. К. Мархинину)	Средний состав континентальной коры в области молодых складчатых поясов	Верхняя мантия	
				эклогит	перидотит
SiO ₂	48,8	58,1	58,4	48,7	40,5
TiO ₂	0,2	0,74	1,1	—	0,02
Al ₂ O ₃	17,1	17,1	15,6	11,17	0,9
Fe ₂ O ₃	4,4	3,4	2,8	1,4	2,8
FO	6,1	4,1	4,8	6,8	5,5
MnO	0,2	0,13	0,2	0,2	0,2
MgO	8,9	3,4	4,3	16,7	46,3
CaO	11,7	7,1	7,2	13,9	0,7
Na ₂ O	2,2	2,8	3,1	0,4	0,1
K ₂ O	0,4	1,2	2,2	0,2	0,04

коры как бы «выжимает» их из себя вверх и в стороны. Таким образом, в результате обмена земным веществом происходит постепенное обогащение земной коры кремнеземом и щелочами, т. е. образуется гранитный слой.

Один из наиболее загадочных процессов в эволюции континентальной коры — возникновение гранитного слоя. Ведь базальты, поднимающиеся из мантии, гранита не образуют, слишком мало в них содержится щелочей, кремнезема и радиоактивных элементов. Гипотеза обмена веществом между корой и мантией снимает это противоречие. Погружение корового материала в мантию сопровождается столь значительным выделением в кору щелочей и кремнекислоты, что их вполне достаточно для образования мощного гранитного слоя.

Обмен веществом между корой и мантией Земли — это, возможно, основная причина эволюции химического состава этих оболочек планеты в ходе геологической истории.



НЕСЕТ ВОДЫ ГОЛЬФСТРИМ

Среди многих нерешенных вопросов физической океанографии перенос вод течением Гольфстрим привлекает к себе внимание своей сложностью и неизменной актуальностью. Недостаточная уверенность в точности ранее проведенных инструментальных измерений, предпринимавшихся еще в начале 30-х годов, не позволяла ответить на вопрос: сколько же воды несет Гольфстрим?

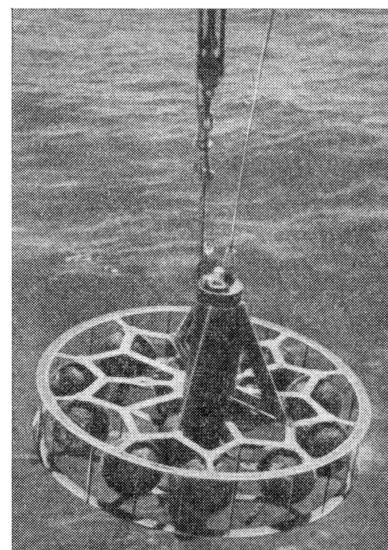
Летом 1967 г. экспедиция на судне «Трезубец» в составе 14 человек под руководством доктора Д. А. Кнауца измеряла подповерхностные течения вблизи мыса Гаттерас.

Из 99 наблюдений — 87 оказались удачными; повторные измерения показали возможную ошибку отклонения около 8%.

Перенос Гольфстрима в районе мыса Гаттерас оказался равным 63 млн. м³/сек, или в 3000 раз больше расхода реки Миссисипи в ее устье. Одновременно с измерениями переноса проводились определения температуры, солености и кислорода.

Несмотря на некоторые отличия составляющих течения на отдельных разрезах, они согласуются в общих чертах. Последнее послужило основанием Ричардсону для доказательства того, что Гольфстрим движется на север в пределах глубинных вод, сужаясь с глубиной, но распространяясь до дна. По обе стороны глубинного потока, направляющегося на север, обнаружены глубинные потоки, текущие на юг.

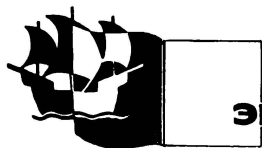
Анализ измерений переноса вод выявил поперечную компоненту на глубинах. Эти результаты подтверждают гипотезу о том, что Гольфстрим «раскалывает» Западное Пограничное течение.



Для измерения суммарного переноса вод на четырех разрезах поперек Гольфстрима на протяжении 18 дней применялись «поплавки» переноса конструкции В. С. Ричардсона и В. Д. Шмитца 1965 г. Эти «поплавки» с балластом опускаются на заданную глубину. Освобождаясь от части балласта при подъеме, «поплавки» определяют суммарное течение в столбе воды от заданной глубины до поверхности

В результате работ, выполненных на «Трезубце», и других современных измерений переноса вод Гольфстримом у мыса Гаттерас выясняется, что, во-первых, суммарный перенос вод возрастает от Майами до мыса Гаттерас и далее в океан на 7% каждые 100 км, во-вторых, расход Гольфстрима в любом месте не меняется больше чем на 50% от сезона к сезону и от года к году.

«Maritimes», 14, 3, 1970.



ЭКСПЕДИЦИИ

На острове Кэртис

Перед каждой экспедицией ее участники горячо спорят у карты океанов: ведь обсуждается не только план работ, но и не менее волнующий вопрос — предстоящие «заходы», высадки на берег. Всматриваешься в маленькие точки на голубых просторах морей — далекие сказочные мечты. Вот остров Кэртис... Должны пройти долгие месяцы томительного ожидания, пока маленькая точка однажды утром превратится в осязаемый клочок суши с вертикальными скалистыми стенами, отражающими красные прямые лучи Солнца. Эти первые волнующие минуты очного знакомства с островом незабываемы!

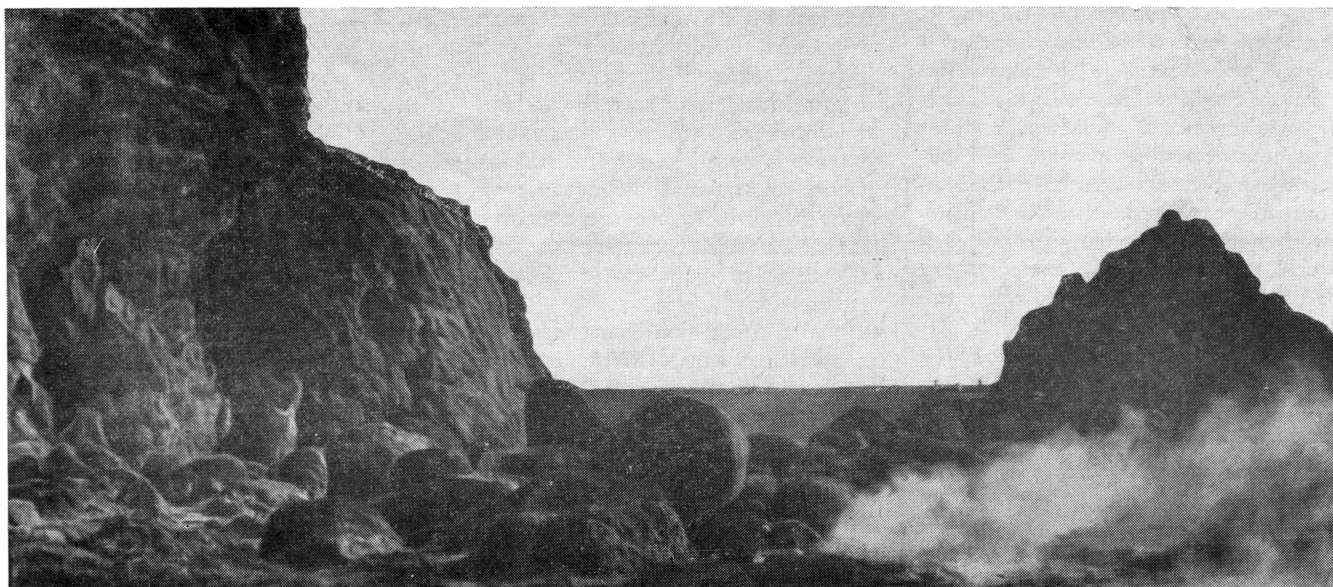
К северу от Новой Зеландии на 3000 км протянулся желоб Кермадек — одна из многочисленных впадин Тихого океана. Она находится в районе с ярко выраженной сейсмической активностью и подводной вулканической деятельностью. Именно здесь произошло несколько лет назад рождение острова Метис. На западном склоне впадины поднимаются к поверхности четыре вершины, образуя Кермадекскую гряду, в которой и находится остров Кэртис. Он невелик, всего лишь 800 м в поперечнике и высотой около 75—100 м. Остров Кэртис в настоящее время — вершина подводного вулкана со слабой фумарольной активностью. Последнее извержение было зарегистрировано в 1899 г. Этот остров привлек внимание советских ученых — участников 48-го геологического рейса на «Витязе» — своей особенностью и ценнейшими геологическими и биологическими материалами. Сравнение образцов пород, собранных на острове и поднятых драгированием со дна океана у его подножия, поможет познать процессы, происходящие на дне, и ответить на многие вопросы геохимиков. Сбор флоры и фаунистического материала в кратере острова-вулкана и на литорали позволит судить о скорости восстановления организмов и приспособляемости их к суровым экологическим условиям.

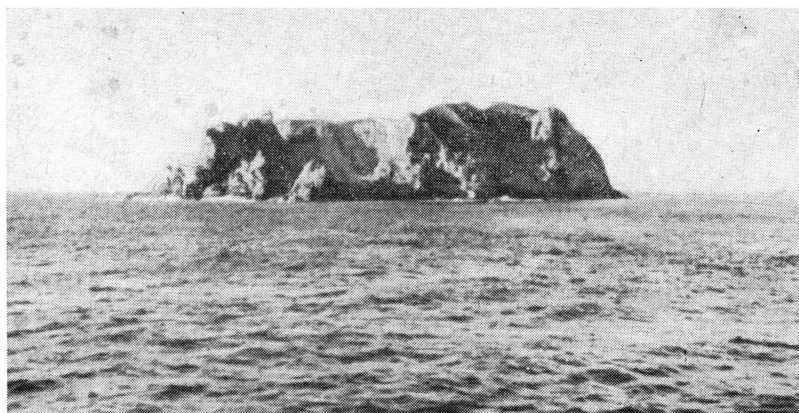
После нелегкого путешествия на резиновой лодке и акробатических манипуляций (очень скользко: «надемся только на крепость рук») мы уже двое на острове, и нужно думать, как закрепить лодку. Привязать ее не за что: ни одного выступа — сплошная стена в кавернах. Прокладываем веревку по трещине, рассчитывая на трение и те небольшие выступы, которые там были. Можно наконец приступить к

осмотру острова и сбору образцов. А работы много: сбор геологической коллекции из основания кратера, лавового потока и прилегающих склонов, измерение температуры извергающихся струй воды и газов, отбор проб. Кроме того, необходимо собрать зоологическую и флористическую коллекции со скалистой литорали острова и со стороны кратера.

Мы добрались до кратера... Ти-

В кратере потухшего вулкана острова Кэртис. На переднем плане виден горячий источник с извергающимся газом, слева — выход лавового потока к океану





Остров Кэртис. 1970 г.

Фото с борта «Витязя»

шина. Удивительная гнетущая тишина! Полное безветрие и духота. Одурманивающий запах сероводорода. Между камнями пробиваются гейзеры, ворчит газ в горячих источниках. Серая земля вся в трещинах. Трясина. Ходим, перепрыгивая с камня на камень. Кое-где в трещинах растут низкие стелющиеся растеньица, напоминающие нашу осоку и вьюнок. Ими же покрыты и склоны кратера. В старой лоции 30-х годов сообщалось: когда представители ново-зеландских властей прибыли на Кэртис, чтобы установить на вершине одного из склонов острова ангар с продуктами и питьевой водой для потерпевших кораб-

лекрушение моряков, то обратили внимание на ...диких коз, мирно пасшихся на этих зеленых склонах. Откуда они взялись? Сейчас мы не видели ни пасущихся коз, ни ангара — лишь задохнувшиеся чайки между камнями. Унылый заброшенный мир... Чувствуешь себя в тисках кратера.

И вдруг над самым островом на бреющем полете пролетел самолет с ново-зеландскими опознавательными знаками гидрометеослужбы. Да, действительно, в современном мире уединиться просто невозможно! Еще не замолк гул самолета, как мы услышали крики со стороны моря. Подбежав к краю разлома, увидели,

что оставленная на попечение волн лодка отвязалась, и ее ловят на «дорке» Глеб Батулин и Гена Авдейко.

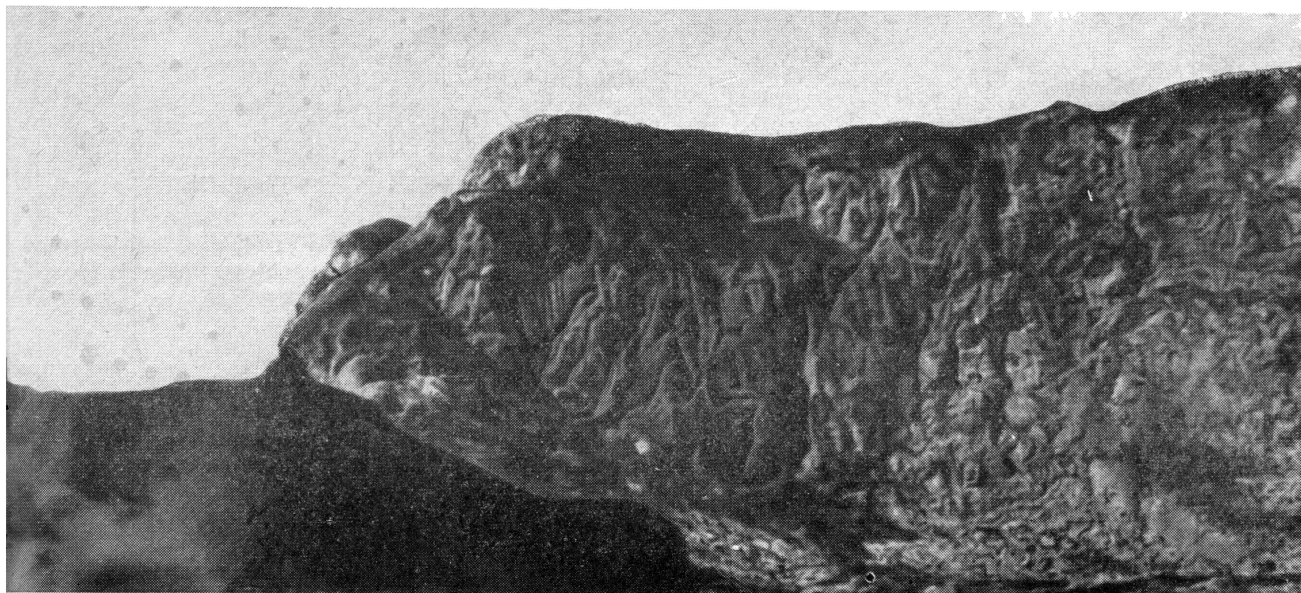
Теперь нас четверо, и единственный представитель морской биологии может спокойно заняться своим делом. Сейчас отлив, и остров обнажил все свои богатства: в самом эпицентре прибоя на скалах сидят тысячи огромных баянусов и морских блюдечек. Это очень интересная группа моллюсков. Они любят зону прибоя, сила обрушивающихся волн им не страшна: у них есть хорошая защита — конусообразная, приплюснутая раковина (отсюда и произошло название — блюдечки). Собираю их. В одной из трещин стенки, в почти недосыгаемом для волн месте, заметил, притаившегося маленького осьминожка. Хитрый глаз внимательно следил за моими действиями. Обмануть, однако, его оказалось очень просто: сунул в трещину ручку ножа, и он мгновенно присосался своими щупальцами — осталось лишь водворить бедняжку в полиэтиленовый мешок.

Вскоре возвращаются геологи, нагруженные тяжелыми рюкзаками.

Начался прилив, и волны стали яростнее. Несколько раз лодку выбрасывало на скалы и складывало пополам, но всякий раз все оканчивалось благополучно. Замечательная лодка!

Позади удивительные, незабываемые часы. Прощай, Кэртис!

И. А. МЕЛЬНИКОВ



СТИХИ О ВСЕЛЕННОЙ

Иван Алексеевич Бунин

• • •

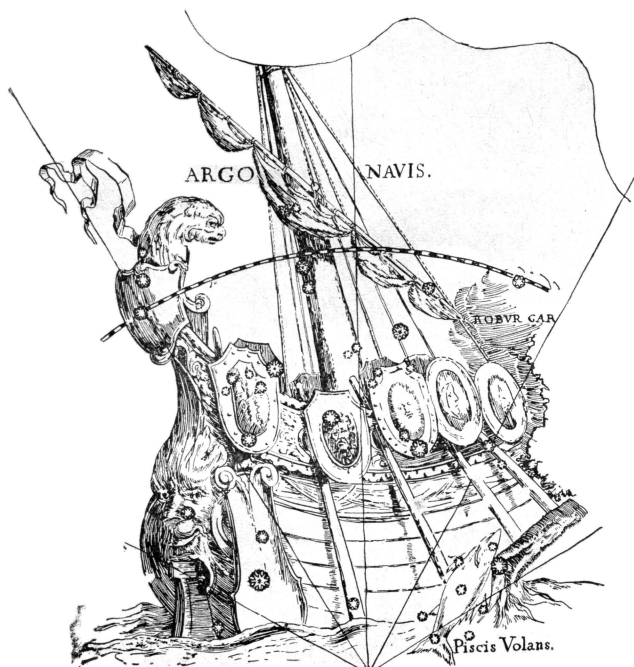
Не устану воспевать вас, звезды!
Вечно вы таинственны и юны.
С детских дней я робко постигаю
Темных бездн сияющие руны.

В детстве я любил вас безотчетно —
Сказкою вы нежною мерцали.
В молодые годы только с вами
Я делил надежды и печали.

Вспоминая первые признанья,
Я ищу меж вами образ милый...
Дни пройдут — вы будете светиться
Над моей забытою могилой.

И быть может, я пойму вас, звезды,
И мечта, быть может, воплотится,
Что земным надеждам и печалам
Суждено с небесной тайной слиться!

1901



ПЛЕЯДЫ

Стемнело. Вдоль аллей, над сонными прудами,
Бреду я наугад.
Осенней свежестью, листвою и плодами
Благоухает сад.

Давно он поредел,— и звездное сиянье
Белеет меж ветвей.
Иду я медленно,— и мертвое молчание
Царит во тьме аллей.

И звонок каждый шаг среди ночной прохлады.
И царственным гербом
Горят холодные алмазные Плеяды
В безмолвии ночном.

1898

• • •

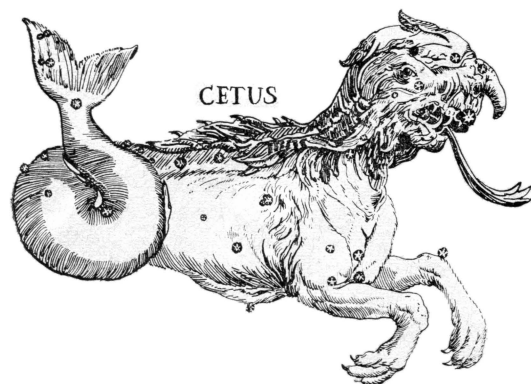
Багряная печальная луна
Висит вдали, но степь еще темна.
Луна во тьму свой теплый отблеск сеет,
И над болотом красный сумрак реет.
Уж поздно — и какая тишина!

Мне кажется, луна оцепенеет:
Она как будто выросла со дна
И допотопной лилией краснеет.

Но меркнут звезды. Даль озарена.
Равнина вод над горизонтом млеет,
И в ней луна столбом отражена.
Склонив лицо прозрачное, светлеет
И грустно в воду смотрится она.

Поет комар. Теплом и гнилью веет.

1902



МИРА

Тебя зовут божественною, Мира,
Царницею в созвездии Кита.
Таинственна, как талисманы Пирра,
Твоей недолгой жизни красота.

Ты, как слеза, прозрачна и чиста,
Ты, как рубин, блисташь среди эфира,
Но не за блеск и дивные цвета
Тебя зовут божественною, Мира.

Ты в сонме звезд, среди ночных огней
Нежнее всех. Не ты одна играешь,
Как самоцвет: есть ярче и пышней.

Но ты живешь. Ты меркнешь, умираешь —
И вновь горишь. Как феникс древних дней,
Чтоб возродиться к жизни — ты сгораешь.

1903

ПОЛЯРНАЯ ЗВЕЗДА

Свой дикий чум среди снегов и льда
Воздвигла смерть. Над чумом — ночь полгода.
И бледная Полярная звезда
Горит недвижно в бездне небосвода.

Вглядись в туманный призрак. Это Смерть.
Она сидит близ чума, устремила
Незрячий взор в полуночную твердь —
И навсегда Звезда над ней застыла.

1904

• • •

Черные ели и сосны сквозят в палисаднике темном:
В черном узоре ветвей — месяца рог золотой.

Слышу поют петухи. Узнаю по напевам печальным
Поздний, таинственный час. Выйду на снег, на крыльцо.

Замерло все и застыло, лучатся жестокие звезды,
Но до костей я готов в легком промерзнуть меху,

Только бы видеть тебя, умирающий в золоте месяц,
Золотом блещущий снег, легкие тени берез

И самоцветы небес: янтарно-зеленый Юпитер,
Сириус, дерзкий сапфир, синим горящий огнем,

Альдебарана рубин, алмазную цепь Ориона
И уходящий в моря призрак серебристый — Арго.

1905

СИРИУС

Где ты, звезда моя заветная,
Венец небесной красоты?
Очарованье безответное
Снегов и лунной высоты?

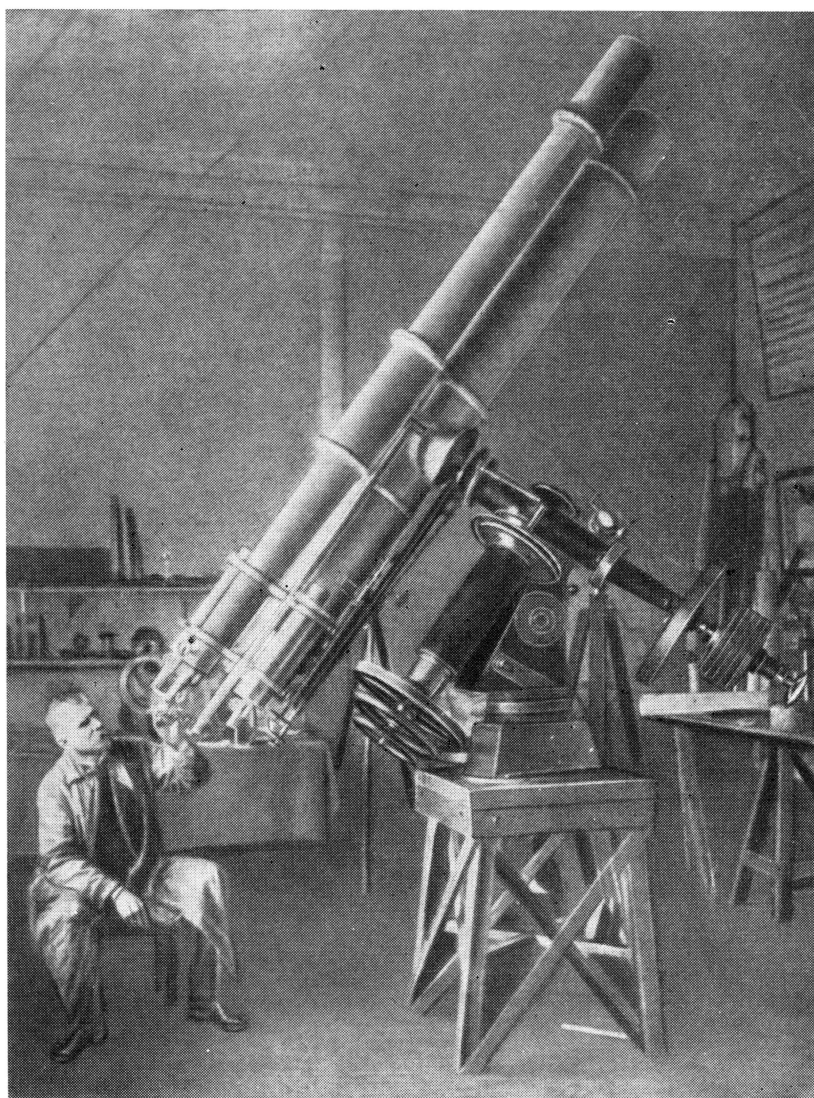
Где молодость простая, чистая,
В кругу любимом и родном,
И старый дом и ель смолистая
В сугробах белых под окном?

Пылай, играй стоцветной силою,
Неугасимая звезда,
Над дальнею моей могилою,
Забытой богом навсегда!

22.8.1922

**Из истории
отечественного
телескопостроения**

Ю. А. Миркалов — механик и конструктор



Ю. А. Миркалов возле сконструированного и построенного им двойного астрографа (1916 г.)

астрономических инструментов

В царской России астрономические инструменты изготавливались в основном в частных и полустатских мастерских. Только после Октябрьской революции был организован Государственный оптический институт (1918 г.), а затем и Государственный завод оптического стекла (бывший Фарфоровый завод в Петербурге). С 1925 г. наша страна уже имела все необходимые марки оптического стекла высокого качества. В эти же годы был организован Государственный оптико-механический завод. Здесь начали изготавливать механику для телескопов, а в дальнейшем и астрономическую оптику. Успешное развитие советской оптико-механической промышленности позволило создать самый большой в мире 6-метровый рефлектор.

У истоков отечественного астроприборостроения находились такие выдающиеся ученые и механики, как М. В. Ломоносов и И. П. Кулибин *. Велико значение работ Н. Г. Пономарева, Д. Д. Максимова, Б. К. Иоаннисиани и других советских ученых. Известную роль в развитии отечественного астроприборостроения сыграли специалисты, работавшие в своих частных мастерских, и среди них Юрий Антонович Миркалов. Под руководством этого талантливого ме-

ханика-самоучки построено около 100 астрономических инструментов и более 50 куполов для астрономических башен.

Ю. А. Миркалов родился в 1869 г. недалеко от Полтавы, в местечке Лубны. С детства он мечтал о путешествиях и в 14 лет, покинув дом, устроился кочегаром на корабль. Так началась его самостоятельная трудовая жизнь. Семь лет плавал Ю. А. Миркалов на торговых судах, побывал во многих местах земного шара.

С 1890 г. и примерно до 1895 г. Ю. А. Миркалов служил на Балтийском флоте, а потом несколько лет работал на Петербургских заводах (Невском судостроительном, Путиловском и других) токарем, слесарем, строгальщиком, механиком и старшим мастером. В это же время он закончил школу судовых механиков.

Еще работая на заводах, Ю. А. Миркалов увлекся строительством телескопов и в 1900 г. сделал свой первый 6-дюймовый рефрактор. Изготовлению разнообразных астрономических приборов Ю. А. Миркалов отдает все свободное время. В 1904 г. он при содействии ряда ученых организует в Петербурге естественно-исторический кружок «Русская Уранія» с частными механическими мастерскими. Задачей кружка была популяризация астрономии и вообще естествознания, а также создание новых научных астрономических и физических приборов. По-

этому в «Русской Урании» был не только научный, но и технический отдел, который размещался на Съезжинской улице, в доме 24. В техническом отделе изготавливали астрономические трубы, зеркала, объективы, окуляры, призмы, спектроскопы, микрометры, часовые механизмы, параллактические и азимутальные установки для телескопов, астрономические башни с раздвигающимися половинками куполов системы Ю. А. Миркалова. В то время это была единственная в России крупная мастерская по производству астрономических инструментов.

Надо отметить, что, изготавливая совершенную по тому времени и весьма разнообразную механику (например, монтировки для телескопов и других приборов), «Русская Уранія» была вынуждена приобретать оптику за границей. В дореволюционной России оптическое стекло почти не варили, хотя научные основы оптического стекловарения восходят к М. В. Ломоносову. Лишь в 1914 г. опыты по варке оптического стекла ненадолго возобновились на Фарфоровом заводе в Петербурге. Линзы для объективов и блоки для зеркал импортировались, как и прежде, из-за границы.

Ю. А. Миркалов неоднократно демонстрировал свои телескопы и приборы на русских и международных выставках. На одной из них, проходившей в 1912 г. в Петербурге и посвященной устройству и оборудованию школ, ему за оригинальные приборы была вручена Большая серебряная медаль.

Некоторые из его телескопов сохранились и работают до настоящего времени. Так, двойной астрограф с

* Рефлектор И. П. Кулибина, изготовленный по «григорианской схеме», демонстрируется в Государственном Эрмитаже.

объективами 10 (фотографический) и 6 дюймов (визуальный) в поперечнике, построенный еще в 1916 г., находится в башне на крыше здания математико-механического факультета Ленинградского государственного университета. На этом инструменте проходили практику и выполняли дипломные работы многие поколения студентов-астрономов.

Для просветительных целей «Русская Урания» построила в Петербурге две народные обсерватории. Первая открылась в 1907 г. на Марсовом поле. Главным ее инструментом был 5,5-дюймовый рефрактор. Вторая начала работать в 1909 г. в саду Народного дома. В ней был установлен 6-дюймовый рефрактор Брауэра с объективом Мерца. Обсерватории работали каждый день, а в ясную по-

году — и ночью. На них дежурили любители астрономии, которые давали объяснения и демонстрировали Луну, планеты, Солнце. Входная плата была 25 копеек, для учащихся — 15 копеек, а дети и солдаты могли посещать обсерваторию бесплатно. Желающих посмотреть в телескоп было много. Например, обсерваторию на Марсовом поле в 1907—1909 гг. посетило более 60 000 человек. Эта обсерватория просуществовала до 1914 г.

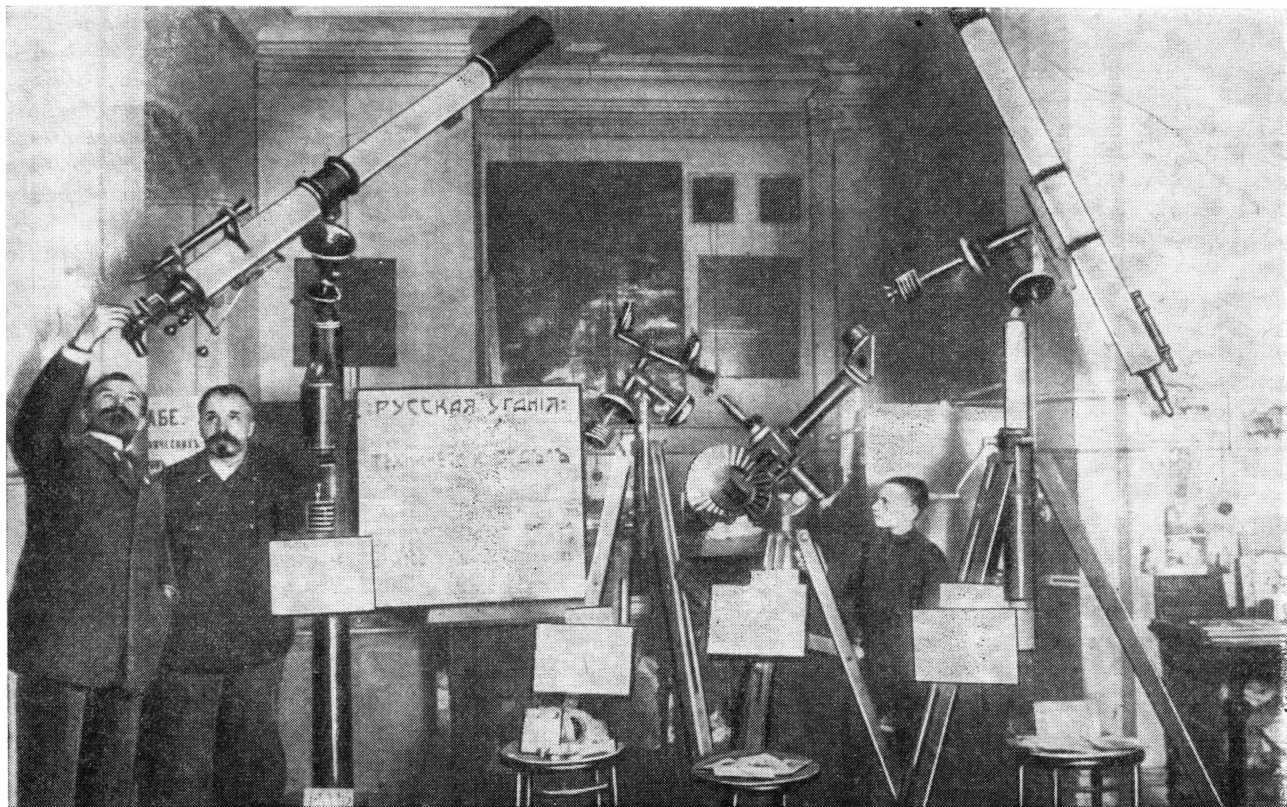
Много времени уделял Ю. А. Миркалов пропаганде астрономических знаний. Он часто выступал с научно-популярными лекциями. Аудитория его слушателей всегда была обширна, особенно после Великой Октябрьской социалистической революции. Ю. А. Миркалов читал лекции на кораблях Балтийского флота, в солдатских ка-

зармах, учебных заведениях, на заводах.

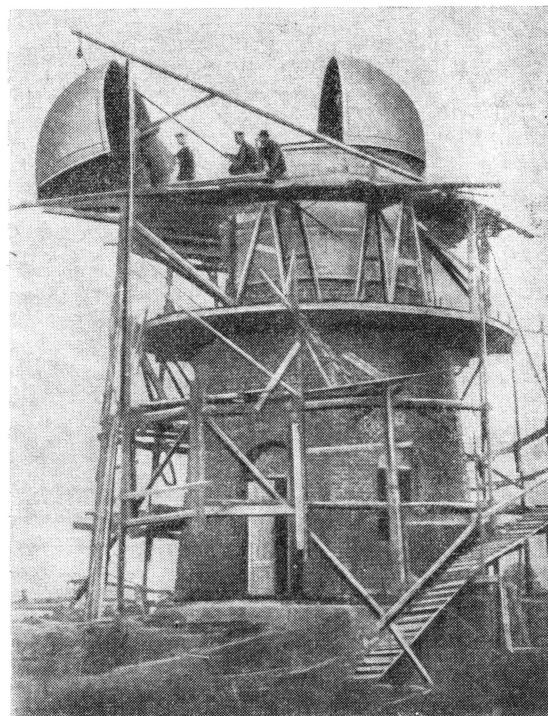
Ю. А. Миркалов был разносторонне талантливым человеком. Он хорошо рисовал, играл на фортепьяно, пел. Он поддерживал постоянную тесную связь со многими замечательными людьми нашей страны — учеными, писателями, художниками. Ю. А. Миркалов был знаком с А. М. Горьким, Ф. И. Шаляпиным, директором Пулковской обсерватории А. А. Ивановым и многими пулковскими астрономами.

Вскоре после Великой Октябрьской революции «Русская Урания» перестала существовать. Оборудование мастерских было передано Государственному оптико-механическому заводу.

Ю. А. Миркалов всю жизнь мечтал



Выставка приборов технического отдела «Русской Урании» (1912 г.)



Опытное строительство астрономической башни системы «Россия», разработанной Ю. А. Миркаловым (1907 г.)

о широком развитии отечественного астрономического приборостроения. На полях принадлежавшей ему книги «Астрономия в СССР за 15 лет», изданной в 1932 г., он написал: «В нашем обширном, богатом СССР на тысячи километров нет ни одной обсерватории. Сотни полторы наших астрономов, среди которых есть много мировых имен, толкуются как мошки около десятка полтора инструментов, старых и скученных главным образом в Ленинграде и Москве. Они задыхаются, но молчат, так как, умея работать, не умеют требовать внимания к своей работе». Многие изменилось с тех пор. Обсерватории, оснащенные современными инструментами, появились в Крыму, на Кавказе и в Средней Азии. Астрономические обсерва-

тории будут построены и в Сибири, и на Дальнем Востоке.

Ю. А. Миркалов обладал неистощимой энергией, огромной работоспособностью и большой любовью к своему делу. В конце 20-х годов у него созрел давно вынашиваемый проект о создании в Ленинграде астрономического городка. Он разработал эскизный проект и для строитель-

ства выбрал место в пригороде Ленинграда на Поклонной горе. Но эти планы Ю. А. Миркалову осуществить не удалось. Он скончался 13 сентября 1934 г.

О. А. МЕЛЬНИКОВ
член-корреспондент АН СССР
В. С. ПОПОВ
кандидат физико-математических наук
Н. Ю. ЛУКИНА

Народные обсерватории и развитие любительской астрономии в Югославии

В истории астрономии не раз бывало, что любители становились гигантами профессиональной астрономии. Пример тому — Вильям Гершель (1738—1822). Будучи музыкантом, он увлекся астрономией, изучал строение Млечного Пути, туманности, звездные скопления. Своими трудами В. Гершель положил начало новой области науки — звездной астрономии. С другой стороны, Камилл Фламарион (1842—1925), готовивший себя к профессиональной деятельности в астрономии, ушел из об-

серватории в Париже и посвятил себя популяризации, подготавливая поколения специалистов-астрономов. Такой взаимообмен любительства с профессионализмом мы имеем и сегодня: доктор Й. Баиз, врач по профессии, получил за свои работы по двойным звездам звание титулярного астронома Парижской обсерватории (это соответствует званию профессора Сорбонны); профессор М. Миннарт (1893—1970) начал свою деятельность биологом, а умер знаменитым астрофизиком. Важно не



Старинная крепость Калимегдан и Деспотова башня, в которой размещалась Белградская народная обсерватория

кем человек начинает работать, важны труды, которые он оставляет после себя.

Пробуждению интереса к астрономии немало способствуют астрономические обсерватории, которые, помимо научно-исследовательской работы занимаются популяризацией астрономии. Поэтому рассказ о югославских любителях астрономии я должен начать с народных астрономических обсерваторий нашей страны.

НАРОДНАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ В БЕЛГРАДЕ. Первая астрономическая обсерватория основана в Белграде в 1887 г. при кафедре астрономии и метеорологии Высшей школы, преобразованной в 1905 г. в университет. Вначале обсерватория использовалась для учебных занятий и популяризации астрономии среди посетителей и школьников. Только между 1922 и 1924 г. были приобретены инструменты для научно-исследовательской работы.

С 1930 и до 1941 г. Астрономическая обсерватория в Белграде издавала «Ежегодник нашего неба» — календарь для любителей астрономии. В нем публиковались данные о Солнце, Луне, планетах, спутниках, кометах, звездах, популярные статьи по астрономии и небольшие заметки о самых значительных событиях в астрономическом мире. После войны, в 1949 г. издание «Ежегодника» возобновилось и продолжалось до 1962 г. С 1935 г. по 1941 г. выходил журнал «Сатурн» — первый в Югославии популярный астрономический журнал.

В 1934 г. было основано Астрономическое общество, объединявшее студентов. После войны работа общества возобновилась только в 1952 г., а в 1953 г. обществу было присвоено имя Руджера Бошковица*. В том же

* Руджер Иосип Бошковиц (1711—1787) — физик, математик и астроном. Измерил длину дуги меридиана в 2° между Римом и Римини. Среди его трудов наиболее известна «Теория натуральной философии, приведенная к единому закону сил, существующих в природе», изданная на латинском языке в 1758 г. Более подробно см. «Астрономический календарь» на 1961 г. (Прим. ред.)

Молодые астрономы Белграда наблюдают прохождение Меркурия по диску Солнца 9 мая 1970 г.



году общество начинает издавать журнал «Васиона» (Вселенная). После того как перестал выходить «Ежегодник нашего неба», в журнале «Васиона» для любителей публикуются эфемериды.

С первых дней своего существования Астрономическое общество стремилось создать в Белграде народную обсерваторию и планетарий. По инициативе общества, 14 ноября 1962 г. было принято решение о постройке народной обсерватории на средства городской Скупщины. Ее открытие приурочили ко Дню 20-летия освобождения Белграда — 20 октября 1964 г.

Народная обсерватория предназначалась для учебных занятий со школьниками и студентами и популяризации астрономических знаний среди населения. Были приобретены инструменты, на которых члены общества могли бы проводить научные наблюдения.

Обсерватория разместились в старинной крепости Калимегдан, в башне деспота* Стефана. В башне оборудованы три служебные комнаты, учебный зал на 70 человек находится в подвальном помещении. На верхней террасе установлены два 20-сантиметровых рефлектора системы Кассегрена. Эти телескопы хранятся в горизонтальном положении, в специальных футлярах: днем ничто не нарушает первозданности старинной башни, воздвигнутой в XV в.

Народная обсерватория располагает двумя рефракторами на экваториальной монтировке с диаметром объективов 11 и 10 см и пятью переносными телескопами на азимутальных монтировках с диаметром объектива 6 см. Кроме того, обсерватория имеет маятниковые часы Рифлера, хро-

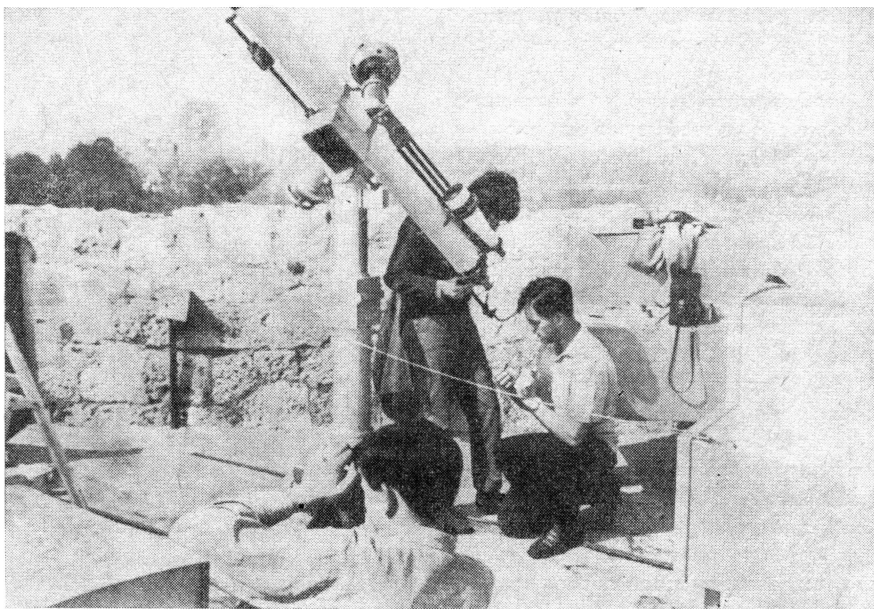
* Деспот — титул сербских правителей в средневековье. (Прим. ред.)

нограф, хронометр, фотолабораторию, кинопроектор, библиотеку из 600 книг и 2000 журналов и других публикаций, большое количество фотографий форматом 40×60 см.

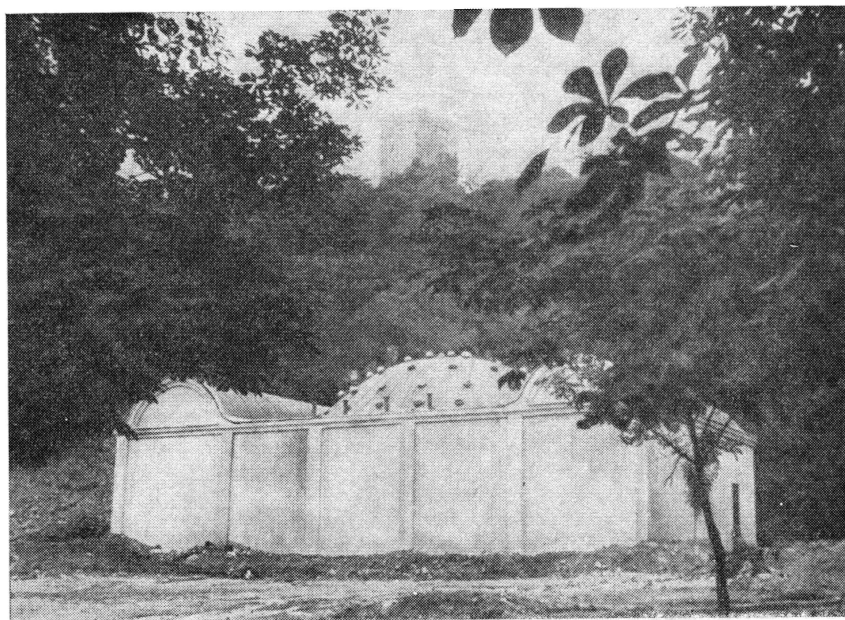
Руководит обсерваторией врач, профессор Р. Данич. Это — наш Фламарион. При его участии в фотолаборатории изготовлено свыше 1000 диапозитивов, которые используются на учебных и популярных лекциях. Много времени уделяет профессор Данич ежегодным курсам для молодых сотрудников обсерватории. В работе с молодежью велики заслуги и генерального секретаря общества Н. Янковича. Высший юридический советник Н. Янкович занимается исследованиями по истории астрономии в Сербии и популяризацией астрономических знаний в стране. Ему и секретарю общества Й. Ступар совместно с четырьмя десятками молодых членов общества удалось наладить работу обсерватории. За год ее посещают примерно 20 000 человек. Состоялись многочисленные лекции и демонстрации научно-популярных кинофильмов по астрономии. Обсерватория в содружестве с кафедрой астрономии университета провела четыре семинара для учителей, преподающих астрономию в школах.

Основные средства для работы народной обсерватории дает Скупщина города Белграда. Республика Сербия помогла приобрести планетарий, который начал действовать в марте 1970 г., а также выделила средства на издание журнала «Васиона». В планетарии 75 мест. Четыре раза в неделю, до и после полудня, в планетарии слушают лекции по астрономии школьники Белграда. Расходы на содержание планетария берет на себя Белградское объединение образования, а значит, опять-таки Скупщина города. Денежные сборы от продажи входных билетов поступают в фонд обсерватории и планетария. Эти средства способствуют активизации работы обоих учреждений. В народной обсерватории и планетарии всего четыре штатных сотрудника.

В провинции работа общества распространяется через отделения и журнал. Астрономические инструменты общества отдаются во временное



На террасе Деспотовой башни школьники готовят инструменты к наблюдениям



В этой старинной турецкой бане расположился планетарий Белграда

пользование отделениям в городах Нови-Сад, Сремска-Митровица, Сента, Крагуевац и других.

НАРОДНАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ В ЗАГРЕБЕ. Уже десять лет успешно работает в Загребе еще одна обсерватория — Звездарница Хорватского общества природоведения. Общество основано в 1885 г., а Звездарницу построили в 1903 г. на Поповой вышке, которая в XIII в. была оборонительной крепостью города. Обсерватория имеет рефрактор на экваториальной монтировке с диаметром объектива 17 см и другие инструменты и приборы. С 1921 г. Хорватское общество природоведения выпускает астрономический календарь «Руджер Бошковић».

Каждую среду и субботу в Звездарнице читаются популярные лекции по астрономии. Организованы курсы для подготовки членов Звездарницы. Вначале курсанты занимаются в группах изучения активности Солнца, наблюдения Марса, изучения Луны, астронавтики и космической медицины, радиолубительской и фотослужбы. Затем они знакомятся с созвездиями, подготавливают и проводят лекции для посетителей. Около 60 человек уже стали членами Звездарницы. В городах Риека,

Самобор, Карловац и Сплит созданы отделения Звездарницы.

С 1957 г. Звездарница выпускает на хорватском языке журнал «Земля и Вселенная» и с 1963 г. на эсперанто журнал «Homo kaj kosmo» («Человек во вселенной»).

Работу с молодежью Звездарница ведет и в «Лагере друзей мира» в Примостене, на берегу Адриатического моря. Здесь в бинокляр Цейсса можно наблюдать небо и интересные небесные явления. Так к астрономическим наблюдениям привлекаются те, кто в отпуске и свободен от ежедневных забот.

Работу Звездарницы тоже оплачивает городская Скупщина. Республика Хорватия помогла приобрести планетарий марки Цейсс, который находится в Техническом музее Загреба.

НАРОДНЫЕ ОБСЕРВАТОРИИ В ЛЮБЛЯНЕ И САРАЕВО. Цейссовский планетарий купила и Республика Словения. Он установлен в Любляне, на Техническом факультете. После войны в Любляне была организована Астрономо-геофизическая обсерватория. Кроме учебной и научной работы эта обсерватория также занимается популяризацией астрономии. В содружестве с Обществом природове-

дения Словении обсерватория ежегодно публикует на словенском языке журнал «Астрономические эфемериды, землетрясения и искусственные спутники».

После запуска первого искусственного спутника Земли в главном городе Союзной Республики Боснии и Герцеговины, в Сараево был основан Академический астрономический и астронавтический клуб, ставший центром популяризации астрономии в этой республике. При клубе организована обсерватория, вооруженная 20-сантиметровым рефлектором. Предстоит постройка высокогорной обсерватории на Требовице, в окрестности Сараево, где будет установлен 20-сантиметровый телескоп.

Чтобы советские читатели имели представление о численности населения городов, о которых мы рассказывали, напоминаем, что Белград насчитывает 1 млн, Загреб — 500 тыс., Сараево и Любляна по 30 тыс. жителей.

П. ДЖУРКОВИЧ
председатель Астрономического общества имени Руджера Бошковића

Перевод с сербско-хорватского М. Н. Ефремова.

НОВЫЕ КНИГИ

КНИГА О С. П. КОРОЛЕВЕ

Издательство «Политическая литература» выпустило в 1971 г. второе издание книги А. П. Романова «Конструктор космических кораблей».

Это книга о необыкновенном человеке, отличавшемся редкой целеустремленностью и преданностью любимому делу, талантом ученого, конструктора и организатора, человеке, который был добрым другом и учителем космонавтов — об академике Сергее Павловиче Королеве.

Автор, на протяжении ряда лет многократно встречавшийся с С. П. Королевым, рассказывает о жизни и работе ученого.

ЕХХV ВЫПУСК «АСТРОНОМИЧЕСКОГО КАЛЕНДАРЯ»

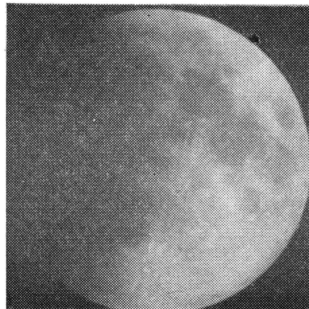
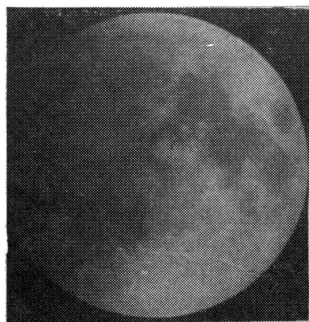
Семьдесят пятый выпуск «Астрономического календаря» вышел в красочной обложке. В этом юбилейном номере ежегодника Всесоюзное астрономо-геодезическое общество не только подробно сообщает любителям астрономии данные о небесных явлениях на 1972 год, но и рассказывает об истории издания Календаря, основанного в 1895 г. Нижегородским кружком любителей физики и астрономии. Из статей, включенных в «Приложение», наиболее интересны статьи Ю. Н. Ефремова «Большие телескопы» и В. А. Бронштена «Физика Луны и планет».

ПОСОБИЕ ДЛЯ ИЗУЧАЮЩИХ ЗВЕЗДНУЮ АСТРОНОМИЮ

Шестнадцать работ включено в сборник «Практические работы по звездной астрономии», выпущенный в 1971 г. издательством «Наука». Авторы работ (П. Г. Куликовский, Б. А. Воронцов-Вельяминов, А. С. Шаров, О. Д. Докучаева и другие) осветили теоретические основы и дали методические указания по таким вопросам, как определение собственных движений звезд, открытие и исследование переменных звезд, определение орбит визуально-двойных звезд, спектрофотометрирование звезд, исследование вращения Галактики, определение параметров спиральных ветвей галактик и т. д.



Наблюдение полного лунного



Полное лунное затмение — не такое уж частое явление, даже для столь обширной страны, как Советский Союз. Полные лунные затмения, которые можно будет наблюдать в СССР в ближайшее время, произойдут 29 ноября 1974 г. и 18 ноября 1975 г.

Уже давно ведется анализ условий, определяющих яркость и цвет Луны в период полной фазы затмения, поскольку лучи Солнца, освещающие Луну в это время, преломляются, рассеиваются и частично поглощаются в земной атмосфере. Для каждого затмения можно рассчитать, через какой пояс земной атмосферы проходят солнечные лучи, освещающие Луну. Нетрудно сообразить, что этот пояс расположен вдоль большого круга на земном шаре, относительно которого Луна находится на горизонте. Если смотреть с Луны, это будет видимый лимб диска Земли. Разумеется, характер ослабления солнечных лучей зависит от условий вдоль всего пояса, но уже наличие где-нибудь поблизости вулканических извержений или иных источников загрязнения и запыления атмосферы сказывается

на видимой яркости Луны. Поэтому визуальные оценки яркости и цвета Луны во время полного затмения, и тем более фотографии, которые можно подвергнуть фотометрической обработке, представляют научный интерес, даже если они сделаны любителями астрономии.

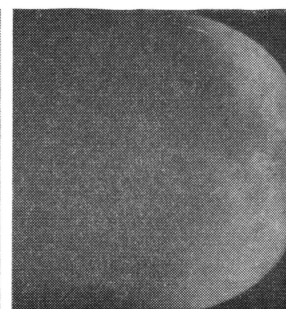
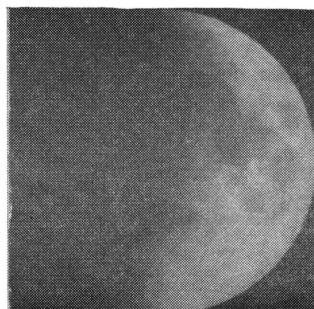
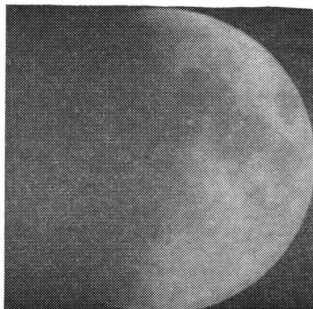
Другая возможная задача любительских наблюдений в период затмения Луны — определение моментов контактов тени Земли с кратерами и другими деталями лунной поверхности. По этим наблюдениям можно оценить диаметр лунной тени, не совпадающий с геометрическим, и ее форму, которая нередко отклоняется от окружности.

Полное лунное затмение 6 августа 1971 года наблюдалось любителями астрономии во многих пунктах Советского Союза. Погода не всюду позволила провести наблюдения — мешала облачность. Интересный снимок частично затмившейся Луны, видимой сквозь облака, прислал в редакцию В. Н. Карцев из города Коряжмы Архангельской области.

Прекрасную серию фотографий обеих половин частного затмения Лу-

Серия фотографий первой половины частного затмения Луны

Фото Г. Р. Гайдука



затмения 6 августа 1971 года

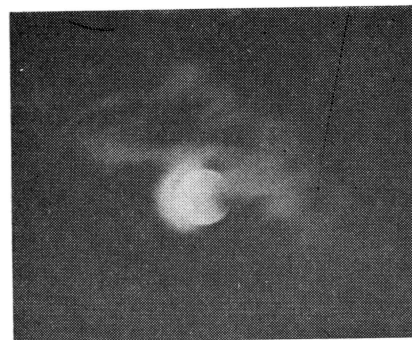
ны получил на обсерватории Крымской станции юных техников в Симферополе ученик 10 класса средней школы города Рыбинска Владимир Фролов (см. 3-ю страницу обложки). Он работал на 5-дюймовом рефракторе Цейсса с фотоаппаратом «Зенит-3М». Фотографирование производилось в фокусе объектива на пленку 65 ед. ГОСТ.

Серию фотографий затмения прислал Г. Р. Гайдук из Ульяновска. Он снимал Луну на самодельном 218-миллиметровом рефлекторе в фокусе Ньютона также с фотоаппаратом «Зенит-3М» (пленка 65 ед. ГОСТ). Снимки получались через каждые 4 минуты, с экспозициями 1/30 секунды. Несколько фотографий затмения сделали ученик 9 класса Александр Волынкин (Мытищи, Московская область), работавший на 80-миллиметровом школьном рефлекторе с фотоаппаратом «Старт» (пленка 250 ед. ГОСТ), ученик 6 класса Юрий Синьковский (Одесса), фотографировавший затмение фотоаппаратом «Москва-5» (пленка 65 ед. ГОСТ), Ш. Ишмухамедов (Ташкент), снимавший Лу-

ну с помощью 100-миллиметрового менискового телескопа с фотоаппаратом «Зенит-3М» (пленка 65 ед. ГОСТ) и В. Пятюшкин (Саранск), работавший на самодельном 90-миллиметровом рефлекторе с фотоаппаратом «Смена» (пленка 250 ед. ГОСТ).

Судя по фотографиям, сделанным В. Фроловым и Г. Р. Гайдуком, полутьма заметно ослабляла яркость Луны: первый снимок получен В. Фроловым почти точно в момент начала частного затмения (20 часов 55 минут 36 секунд), Г. Р. Гайдуком — немного позже, но почти вся северо-западная часть Луны с Океаном Бурь и Морем Дождей на фотографиях затемнена. Последний снимок В. Фролов сделал в 0 часов 30,5 минуты, за полторы минуты до конца частного затмения, но и здесь южный сегмент Луны кажется темным. То же видно и на фотографии, полученной А. Волынским в 0 часов 27 минут (время всюду московское).

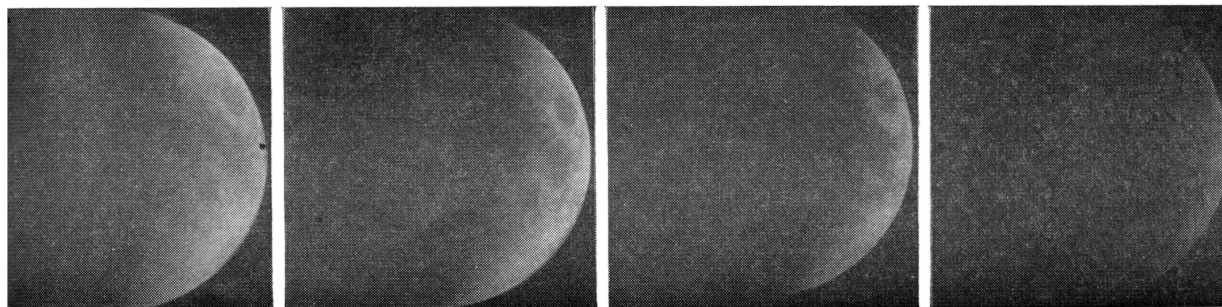
О видимости полутени в конце затмения сообщает и Б. Н. Ткаченко из Ташкента, проводивший наблюдения в городе Геок-Тепе (Туркменская



Лунное затмение сквозь облака
Фото В. Н. Карцева

ССР). Он оценил ширину полутени в 1/3 лунного диаметра, т. е. 10'.

Многие наблюдатели определили яркость затмения по шкале Данжона (напомним, что балл 0 означает очень темное, а балл 4 — очень яркое затмение). Оценки колеблются между баллами 2 и 4 и средняя соответствует баллу 3. Цвет затмения близ середины полной фазы наблюдатели оценивали как коричнево-красноватый (С. Фатыков, город Свердлов, Бухарская область), темнокоричневый с кроваво-красным отливом (Б. Н. Ткаченко, город Геок-Тепе), красно-кирпичный, а затем медно-красный (Л. Н. Шелушков, станция Солнечная, Московская область). Группа наблюдателей из Душанбе в составе А. Ельманова, В. Саркисяна и С. Тюрина оценивала яркость по шкале Данжона каждые пять минут. Согласно их данным, яркость менялась от балла 1 в начале частного затмения до 4 в середине полной фазы и вновь до балла 1 (и



даже до нуля) к концу частного затмения. Другая группа наблюдателей Ю. и Е. Яковенко, В. Олейник и С. Богдан из города Сокала (Львовская область) оценивала блеск Луны по методу перевернутого бинокля (используя, правда, не бинокль, а подзорную трубу) и получила для середины полной фазы оценку блеска в

± 2 звездной величины, что соответствует довольно темному затмению.

В. Богомоленко из Волгограда прислал таблицу: моменты контактов края тени с кратерами, которые он наблюдал в 70-миллиметровый телескоп-рефрактор с увеличением $60\times$. Он зарегистрировал погружение и выход из тени 25 кратеров.

Хочется надеяться, что публикация фотографий и наблюдений лунного затмения, выполненных любителями астрономии, явится дальнейшим стимулом для развития научно-любительской работы по астрономии.

В. А. БРОНШТЭН
кандидат физико-математических наук

В ШКОЛЬНОМ КАБИНЕТЕ ГЕОГРАФИИ И АСТРОНОМИИ

В Абастуманской средней школе (Адигенский район, ГрузССР) уже несколько лет работает кабинет географии и астрономии. Школьники под руководством учителя астрономии Г. А. Тер-Казаряна изготовили глобус Земли (3,5 м в диаметре). Глобус может вращаться. Электри-

ческий пульт управления есть на указке и на кафедре.

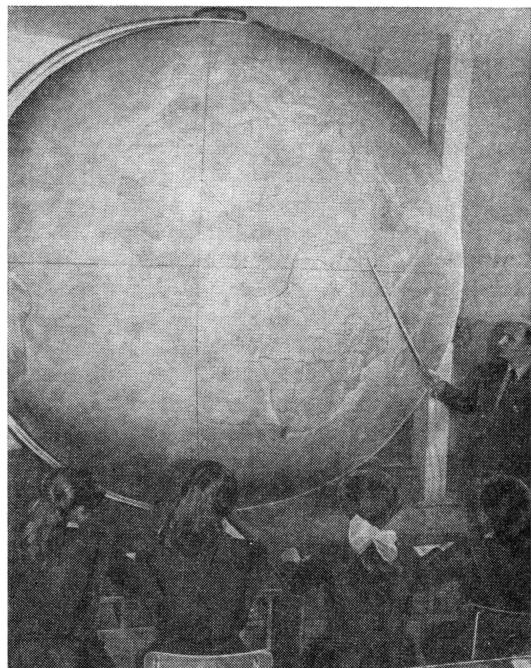
Внутри глобуса ребята собираются устроить планетарий. На небе планетария разноцветной фольгой будут нанесены звезды до 5-й величины, показаны эклиптика, границы созвездий, яркие галактики и туман-

ности. Рассмотреть звездную карту можно будет через два люка, расположенные друг против друга.

Еще одно интересное наглядное пособие было создано школьниками в ознаменование 50-летия Советской власти в Грузии: это рельефная карта республики.



У рельефной карты Грузии. Размеры карты $2,8 \times 6,0$ м; масштаб по горизонтали 1 : 100 000, по вертикали 1 : 50 000. Карта раскрашена нитро-эмалевыми красками



Глобус Земли. Масштаб 1 : 750 000. Каркас глобуса сделан из полосового железа. На него наклеена бумага, затем картон, а сверху каркас обтянут материей. Через эпидиаскоп на глобус проектировали карты и контуры материков, сами материков и океаны рисовали нитро-эмалевыми красками. Координатная сетка изготовлена из монтажного провода и нанесена через 5°

ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ

УВАЖАЕМЫЕ ТОВАРИЩИ!

28 мая 1971 г. вечером, на северо-западе чистого неба я заметил облако, которое светилось довольно ярким, серебристым светом на темнеющем небе. После заката лишь близ горизонта небо стало светлее. Облако было настолько необычным, что я принял его за серебристое и сделал с балкона несколько снимков жестко закрепленным фотоаппаратом.

Сообщаю некоторые данные:

1. Снимки сделаны 28 мая, вечером, с 21 час. 55 мин. до 22 час. 15 мин. местного времени (московское + 3 часа).

2. Фотоаппарат Зенит «Е», объектив Гелиос-44, диафрагма 2,0, выдержка от 20 до 60 секунд.

3. Фотопленка «Свема», 65 единиц ГОСТ, обработана в стандартном проявителе № 2.

4. Фотобумага «Унибром» № 3, обработана в метол-гидрохинон-глициновом проявителе (Энско-130).

Ф. Ф. ШМИДТ

г. Кентау Чимкентской области



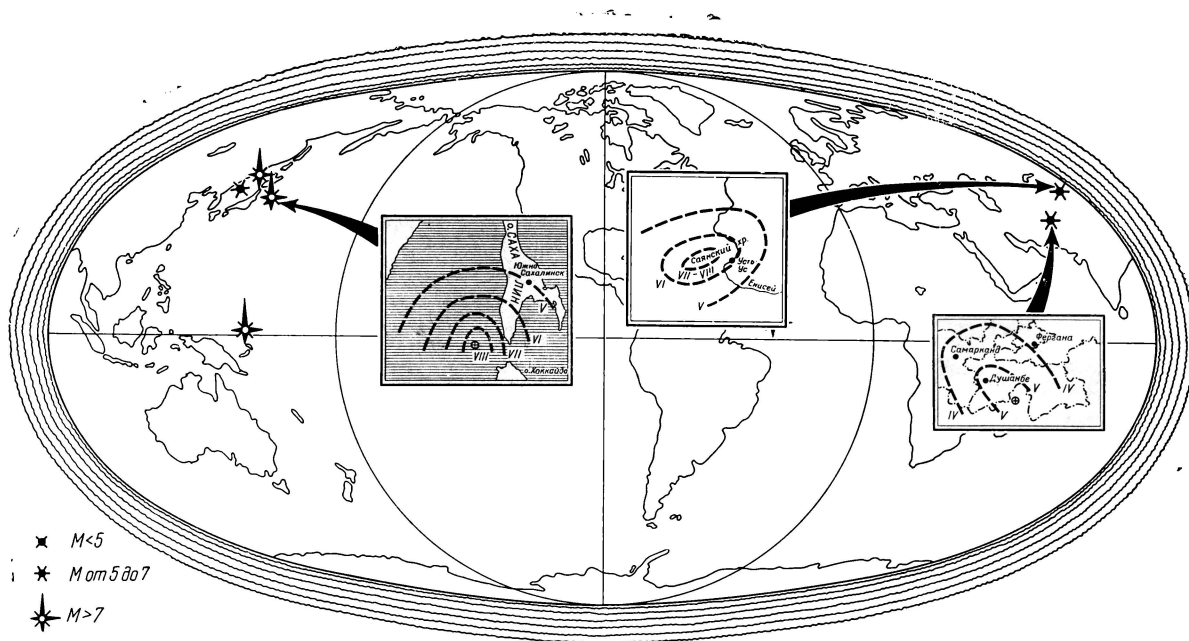
Редакция попросила кандидата физико-математических наук **В. А. Бронштэна** прокомментировать письмо Ф. Ф. Шмидта.

Облака, наблюдавшиеся Ф. Ф. Шмидтом, были, скорее всего, действительно серебристыми облаками. В этом, кроме необычного вида облаков и того факта, что они были ярче сумеречного сегмента, на фоне которого наблюдались, убеждает следующее обстоятельство. Серебристые облака видны только в строго определенный период суток, когда Солнце погружается под горизонт на 6—18°. На широте 42°, где 28 мая велись наблюдения серебристых облаков, период их видимости соответствует местному времени 20 час. 00 мин.—21 час. 30 мин. а в переводе на декретное время 5 пояса, по которому

отмечены моменты наблюдений, от 21 час. 20 мин. до 22 час. 50 мин. Таким образом, время видимости облаков 21 час. 55 мин.—22 час. 15 мин. полностью попадает в интервал, благоприятный для их наблюдений.

На оригинальных фотографиях видна тонкая структура, характерная для серебристых облаков (особенно на краях облаков). Таким образом не исключено, что Ф. Ф. Шмидт впервые наблюдал серебристые облака на такой южной широте. До этого наиболее южным пунктом наблюдений серебристых облаков был Сары-Шаган (Казахская ССР). Здесь, на широте 46° их видели и фотографировали участники экспедиции Московского отделения ВАГО в полосу полного солнечного затмения 22 сентября 1968 г. («Астрономический вестник», № 3, 1969 г.)

ХРОНИКА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ (июль — сентябрь 1971 г.)



26 июля 01 час. 23 мин. 14 сек.;
4°,9 ю. ш.; 153°6 в. д.;
M = 7,8.
Восточнее острова Новая Британия.

2 августа 07 час. 24 мин. 57 сек.;
42°,0 с. ш.; 143°,4 в. д.;
M = 7,1.
Япония, южнее острова Хоккайдо.

4 августа 00 час.; 24 мин. 39 сек.;
36°,6 с. ш.; 70°,7 в. д.;
h = 210 км.

Афганистан, Гиндукуш. Землетрясение ощущалось в городах Кулябе, Душанбе силой 5 баллов, в Самарканде — 4—5 баллов, в Ташкенте — 4 балла, Фергане — 3 балла, Чимкенте — 2 балла.

5 августа 01 час.; 58 мин. 42 сек.;
0°,5 ю. ш.; 25°,5 з. д.
M = 7,0.

Юг Северо-Атлантического хребта.

24 августа 16 час. 33 мин. 27 сек.;
52°,00 с. ш.; 91°,10 в. д.;
M = 5,5—5,7.

Красноярский край. В пункте Усть-Ус (60 км от эпицентра) землетрясение силой 6 баллов. В домах скрипели полы и потолки, дребезжали стекла, наблюдались обвалы кусков штукатурки. В горных районах произошли обвалы, камнепады, осыпи. В селе Ермаковском землетрясение ощущалось 4—5 баллов. В Абакане ощущались три толчка, двигалась мебель, звенела посуда.

5 октября 18 час. 45 мин. 31 сек.;
46° с. ш.; 141° в. д.;
M = 7,2.

Японское море.

По энергии это землетрясение

было одним из самых крупных в нашей стране и прилегающих районах за последние годы. Однако из-за того, что эпицентр располагался в море, поверхностный эффект на суше был невелик. Землетрясения с такой магнитудой в эпицентре ощущаются обычно силой около 9 баллов. В этом случае лишь на острове Монерон сила землетрясения достигала 7 баллов, а в южной части острова Сахалин — 6 баллов.

8 сентября 06 час. 25 мин.
46°,5 с. ш.; 140°,7 в. д.;
M = 5,7.

Японское море. В Холмске, Долинске, Синегорске землетрясение ощущалось силой 4—5 баллов.

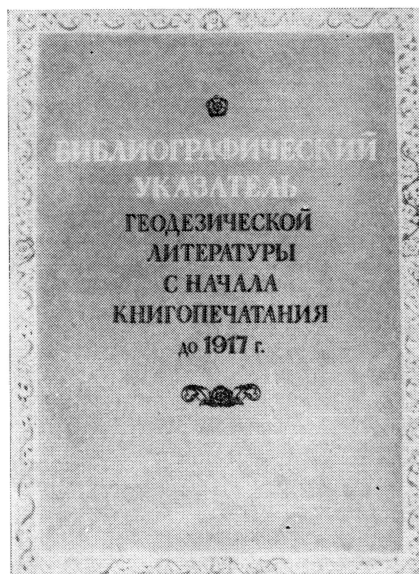
Л. А. МОСКАЛЕВА

Путеводитель по геодезии русской

Геодезическая библиография пополнилась еще одним капитальным трудом — «Библиографическим указателем геодезической литературы с начала книгопечатания до 1917 г.» *

Указатель содержит 6381 наименование книг, брошюр и статей научного, производственного и учебно-методического характера по геодезии и смежным наукам: практической астрономии, гравиметрии, земному магнетизму, метрологии, мелиорации, маркшейдерскому делу, гидрографии и т. д. Структура указателя согласована с принятой в ранее вышедших двух библиографических работах. **

Указатель содержит основные библиографические данные: автор, заглавие, издательство, год и место издания, число страниц; для статей указано наименование журнала или сборника. Внутри каждого раздела материал расположен по алфавиту фамилий авторов или названий ра-



бот. Есть сводные авторские указатели и список сокращений. Приведен «Справочный указатель действующих библиотечных шифров на периодическую литературу, имеющихся в Государственной библиотеке СССР имени В. И. Ленина (166 наименований)».

Краткая статья исторического содержания — «От редактора» и «Хронологическая таблица некоторых дат, связанных с развитием геодезии в России до 1917 г.» дополняют библиографию дореволюционного периода.

Вместе с вышедшими ранее двумя книгами библиографического указателя * геодезическая библиография располагает изданиями, охватывающими период от начала книгопечатания до 1961 г. включительно. Авторы

ми подготовлен указатель за 1962—1966 гг., который будет издавать Центральный научно-исследовательский институт геодезии, аэросъемки и картографии (ЦНИИГАиК).

При составлении рецензируемого указателя учтены некоторые критические замечания, высказанные в адрес предыдущих изданий. В последующих указателях и при переиздании, которое неизбежно, так как тиражи изданных указателей разошлись, необходимо будет включать работы, пропущенные по каким-либо причинам. Надо заметить, что оставшиеся вероятные пропуски не играют большой роли и не снижают огромной ценности вышедших указателей.

За несколько столетий до 1917 г. общее число публикаций по геодезии составило около 7 000. В период с 1917 по 1956 г. среднее число публикаций в год составило более 200 наименований; в период с 1957 по 1961 г. — более 900 наименований ежегодно. С 1962 г. это число превысило 1 000 наименований и продолжает быстро расти.

Е. Ф. Беликовым составлен еще указатель защищенных кандидатских и докторских диссертаций по геодезии. На очереди издание и этого, крайне необходимого, указателя.

Составители геодезического указателя завершили славный труд, благодаря которому научные работники, производственники, студенты-геодезисты и представители смежных специальностей получили богатый источник информации. Библиографический указатель по геодезии поможет специалистам сэкономить время, а также избежать дублирования работ.

* «Библиографический указатель геодезической литературы с начала книгопечатания до 1917 г.» составили Е. Ф. Беликов и Л. П. Соловьев, под редакцией Л. С. Хренова. «Недра», М., 1971 г., 272 стр.

** «Библиографический указатель геодезической литературы за 40 лет, 1917—1956 гг.» составил Е. Ф. Беликов, под редакцией Л. С. Хренова. Геодезиздат, М., 1961 г., 535 стр.; «Библиографический указатель геодезической литературы за 5 лет, 1957—1961 гг.» составили Е. Ф. Беликов и Л. П. Соловьев, под редакцией Л. С. Хренова, «Недра», М., 1964 г., 267 стр.

* И. Ф. Болгов, Н. И. Иванов. Библиографические указатели по геодезии. «Земля и Вселенная», № 5, 1965 г.

И. Ф. БОЛГОВ
доцент
Н. И. ИВАНОВ
доцент



ПРЕМИЯ ВЕТЛЕЗЕНА

Высшей награды — премии имени Дж. Унгера Ветлезена* в 1971 г. удостоены профессор Университета в Ньюкасле-на-Тайне (Англия) С. Кейт Ранкорн, доктор Аллан Кокс из Станфордского университета (штат Калифорния) и Ричард Р. Доэлл из Управления геологической съемки США за научные работы в области палеомагнетизма.

Профессор С. К. Ранкорн является одним из основоположников палеомагнитологии — науки об использовании естественной остаточной намагниченности горных пород для изучения магнитного поля Земли в прошлом. Ему принадлежат интересные работы о дрейфе континентов по палеомагнитным данным и о

* Премия имени Дж. Унгера Ветлезена, присуждаемая за выдающиеся труды в области геофизики, установлена в 1959 г. Решение о награждении ею принимается Колумбийским университетом.

процессах в земном ядре. А. Кокс и Р. Р. Доэлл — авторы принятой в настоящее время палеомагнитной геохронологической шкалы, где в качестве планетарных реперов времени используются изменения полярности геомагнитного поля на обратную. Полосчатый характер океанических магнитных аномалий (линейное простираание чередующихся максимумов и минимумов напряженности магнитного поля), который связывают с чередованием пород, намагниченных в поле прямой и обратной полярности, служит важным аргументом для сторонников дрейфа континентов.

Следует отметить, что посвященные тем же проблемам доклады С. К. Ранкорна и А. Кокса на симпозиумах XV Генеральной ассамблеи Международного геодезического и геофизического союза в Москве (август 1971 г.) вызвали оживленную дискуссию.

«Science News», 99, 17, 1971.

СЕЗОННЫЙ ЭФФЕКТ В ГЕОМАГНИТНЫХ ВАРИАЦИЯХ

Многие исследователи отмечали, что в северном полушарии интенсивность геомагнитных возмущений обнаруживает тенденцию возрастать ко времени летнего солнцестояния.

Сотрудник Калифорнийского технологического института (Пасадена, штат Калифорния) доктор Оливер Р. Вулф исследовал и сопоставил геомагнитные записи, сделанные в течение 22 лет на четырех геофизических станциях, две из которых были в северном полушарии и две — в южном. При этом он исходил из предположения, что магнитная активность действительно связана с положением Солнца над горизонтом и что определенное геомагнитное возмущение должно быть более интенсивным в том полушарии, которое в этот момент ближе к летнему солнцестоянию.

Сопоставление магнитограмм подтвердило его предположение.

«Journal of Geophysical Research», 1, 1971.

Орган Секции физико-технических и математических наук,
Секции наук о Земле Президиума Академии наук СССР
и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

Редакционная коллегия:

Главный редактор доктор физ.-мат. наук Д. Я. МАРТЫНОВ
Зам. главного редактора кандидат физ.-мат. наук М. Г. КРОШКИН
Ответственный секретарь кандидат пед. наук Е. П. ЛЕВИТАН
Член-корреспондент АН СССР Г. А. АВСЮК, доктор географических наук
А. А. АКСЕНОВ, кандидат физ.-мат. наук В. А. БРОНШТЭН, член-корреспондент АН СССР Ю. Д. БУЛАНЖЕ, доктор техн. наук А. А. ИЗOTOB,
доктор физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, доктор географических наук
В. Г. КОРТ, доктор физ.-мат. наук Р. В. КУНИЦКИЙ, доктор физ.-мат. наук Б. Ю. ЛЕВИН, кандидат физ.-мат. наук Г. А. ЛЕЙКИН, академик
А. А. МИХАЙЛОВ, доктор физ.-мат. наук И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук К. Ф. ОГОРОДНИКОВ, доктор физ.-мат. наук Г. Н. ПЕТРОВА, доктор геол.-мин. наук Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук В. В. РАДЗИЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук Ю. А. РЯБОВ, доктор техн. наук К. П. ФЕОКТИСТОВ, академик В. Г. ФЕСЕНКОВ, доктор геол.-мин. наук Ю. М. ШЕЙНМАНН

При перепечатке ссылки на журнал «Земля и Вселенная» обязательна.

2-я типография издательства «Наука». Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

Научно-популярный журнал
«ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ»

Адрес редакции: 117333,
Москва, В-333,
Ленинский пр., д. 61/1,
тел. 135-64-81
135-63-08

Художественный редактор
Л. Я. Шимкина

Корректоры: Н. Е. Затева,
Г. Н. Нелидова

Т-01149. Сдано в набор 1/XI 1971 г. Подписано
в печать 20/I 1972 г. Формат бум. 84×108¹/₁₆.
Бум. л. 2,5. Цена 40 коп. Тираж 37 000 экз.
Печ. л. 5,0 (8,6). Уч.-изд. л. 10,0
Заказ 2999



УВАЖАЕМЫЙ ЧИТАТЕЛЬ!

Редакция журнала «Земля и Вселенная» будет Вам очень благодарна, если Вы пришлете ответы на следующие вопросы:

1. Давно ли Вы читаете наш журнал! _____

2. Какие из опубликованных материалов Вы считаете наиболее интересными! _____

3. Какие неудачными, неинтересными! _____

4. О чем бы Вы хотели прочитать в дальнейшем! _____

5. Каковы Ваши замечания и предложения относительно оформления журнала!

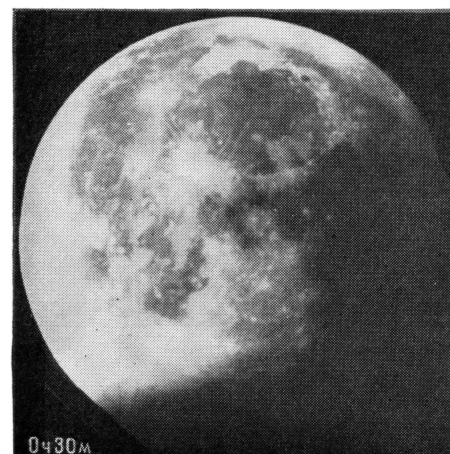
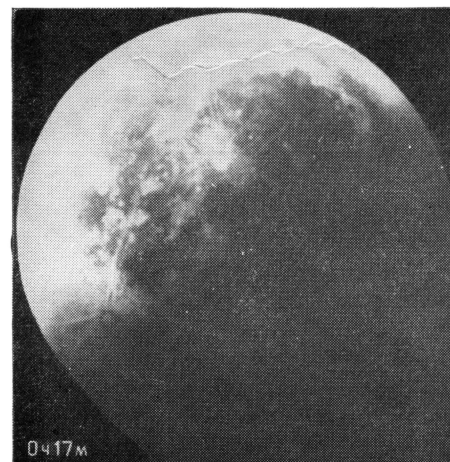
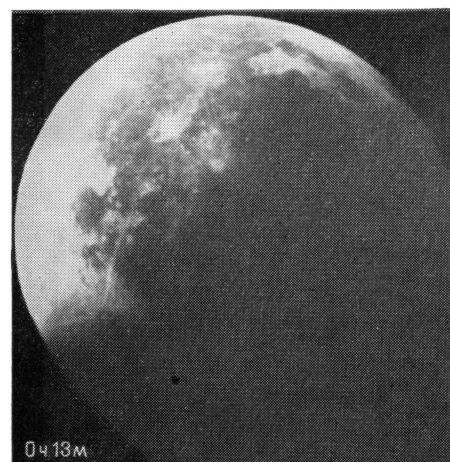
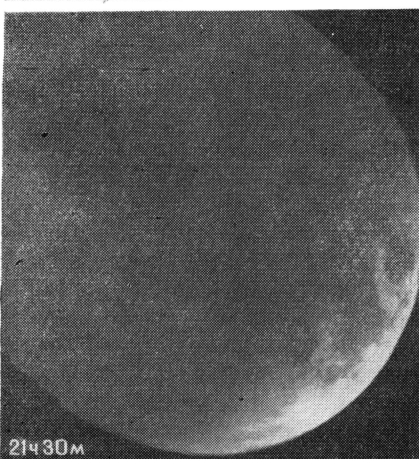
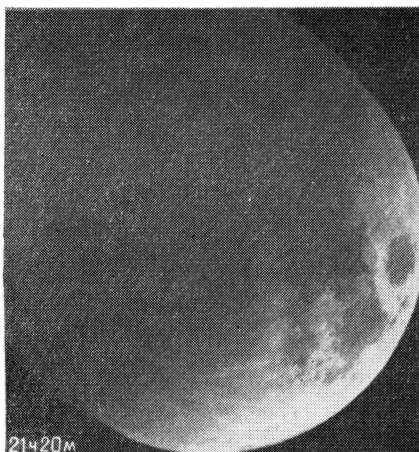
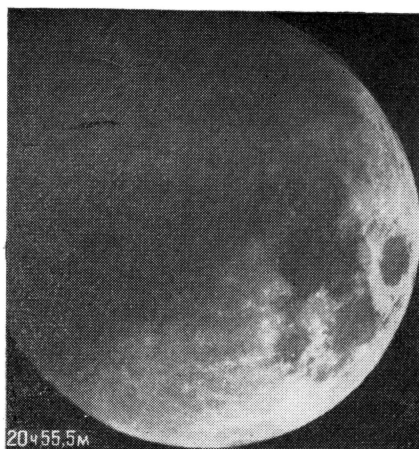
6. Кто Вы (астроном, геодезист, геофизик, астроном-любитель, интересующийся астрономией или геофизикой)! _____

117333, М О С К В А, В-333,
Ленинский пр., д. 61/1,
Редакция журнала
«ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ»

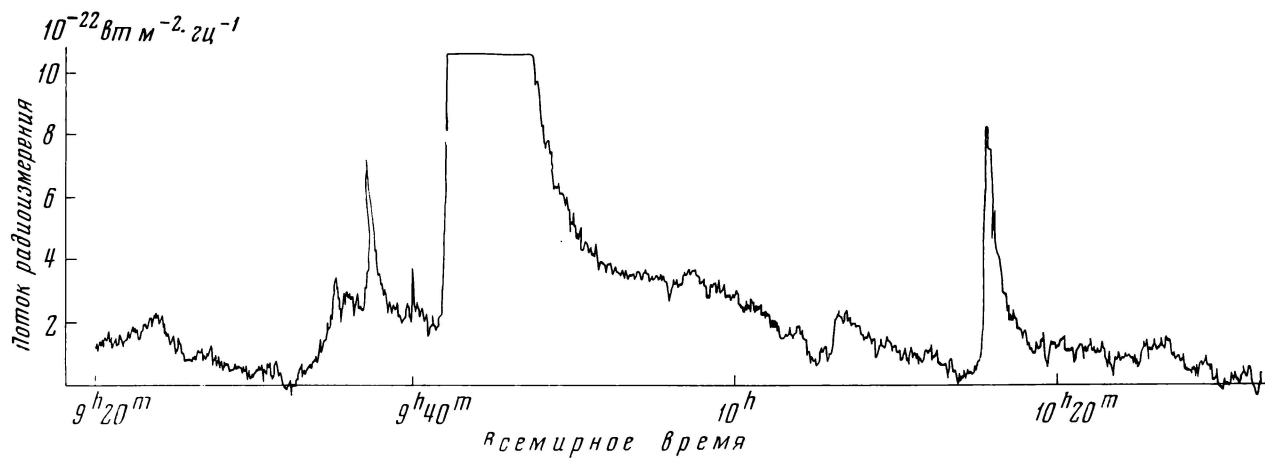
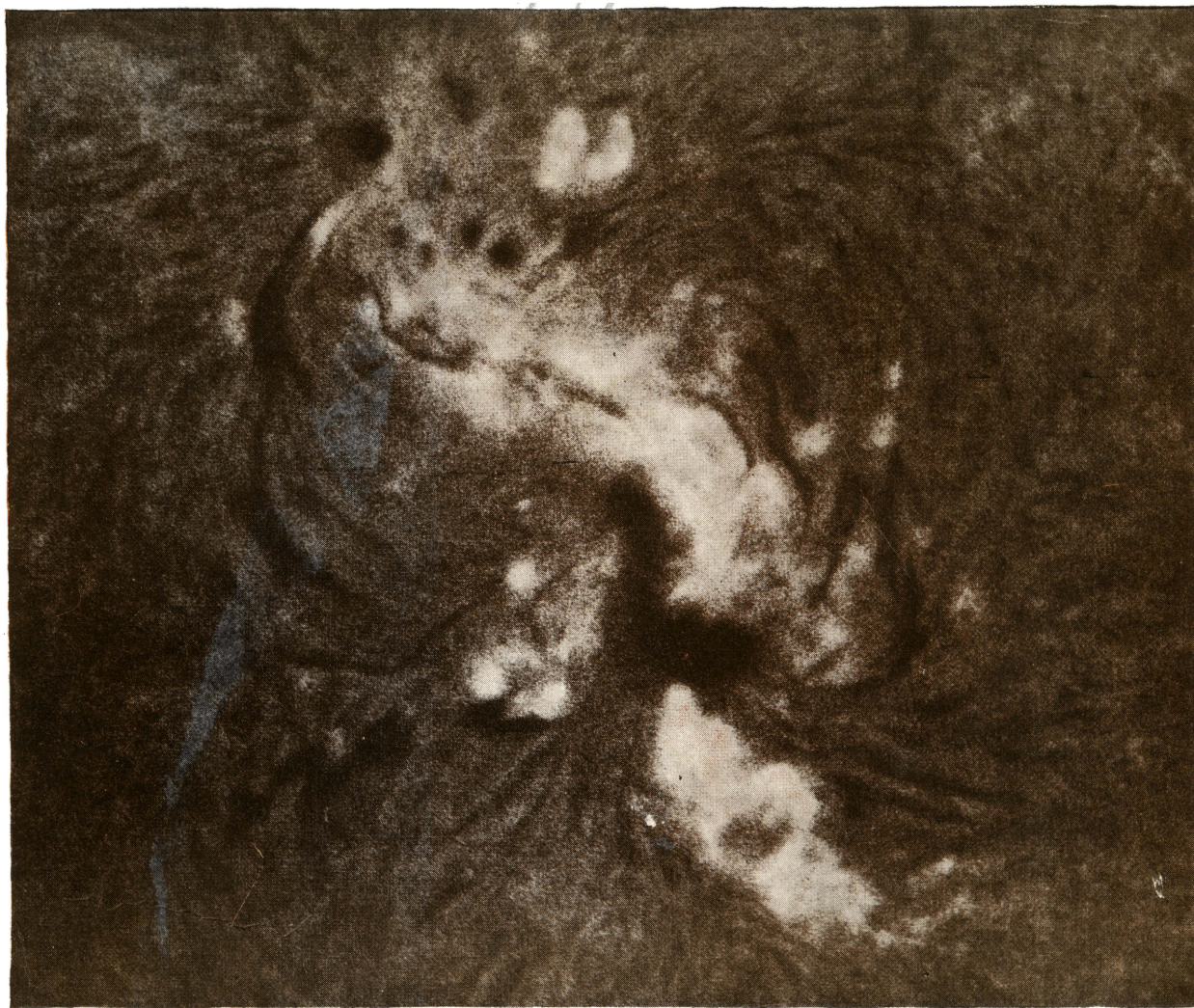
Место
для
марки

Адрес отправителя:

Полное
лунное
затмение
6 августа
1971 года



Снимки получены В. Фроловым на Симферопольской юношеской обсерватории. Он фотографировал затмение 5-дюймовым рефрактором с камерой «Зенит-3М».



Солнечная вспышка 23 августа 1971 г. (снимок сделан в линии H_{α}). Фотография получена на Крымской астрофизической обсерватории в момент максимальной фазы вспышки — 7 часов 27 минут Всемирного времени. Внизу — запись всплеска радиоионизации 23 августа в 9 часов 42 минуты.